



SKRIPSI – ME141501

**PEMODELAN BENTUK *OSCILLATING WATER COLUMN*
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG
LAUT DI PULAU TABUHAN, BANYUWANGI UNTUK
KAPASITAS 2000 WATT**

Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto

NRP 4212 100 139

Dosen Pembimbing

Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc

Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT – ME141501

**MODELLING OF OSCILLATING WATER COLUMN ON
WAVE POWER PLANT IN TABUHAN ISLAND,
BANYUWANGI FOR CAPACITY 2000 WATT**

Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto
NRP 4212 100 139

Supervisor
Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc
Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

DEPARTEMENT OF MARINE ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh nopember
Surabaya
2016

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN BENTUK *OSCILLATING WATER COLUMN* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT DI PULAU TABUHAN, BANYUWANGI UNTUK KAPASITAS 2000 WATT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

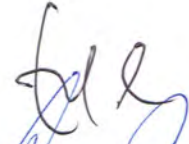

Pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto
NRP 4212 100 139

Disetujui oleh Pembimbing SKRIPSI :

1. Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc ()
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc. ()

SURABAYA
Juli 2016

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

PEMODELAN BENTUK *OSCILLATING WATER COLUMN* PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GELOMBANG LAUT DI PULAU TABUHAN, BANYUWANGI UNTUK KAPASITAS 2000 WATT

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi *Marine Machinery and System* (MMS)
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto
NRP 4212 100 139

Disetujui oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem perkapalan :



Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST., M.Sc.
NIP. 1977 0802 2008 01 1007

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**PEMODELAN BENTUK *OSCILLATING WATER*
COLUMN PADA PEMBANGKIT BENTUK LISTRIK
TENAGA GELOMBANG LAUT DI PULAU TABUHAN,
BANYUWANGI UNTUK KAPASITAS 2000 WATT**

Nama Mahasiswa : Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto
NRP : 4212 100 139
Dosen Pembimbing : 1. Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

ABSTRAK

Krisis energi pada saat ini mendorong manusia untuk menemukan sumber daya alternatif yang ramah lingkungan sebagai sumber pembangkit listrik. Pulau tabuhan memiliki potensi wisatawan yang besar, namun sampai saat ini aliran listrik dari PLN belum tersedia. Melihat pulau tabuhan terletak di selat bali bagian utara yang memiliki karakteristik gelombang yang relatif tinggi, maka berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik tenaga gelombang laut (PLTGL) tipe *oscillating water column* (OWC), sehingga aliran listrik yang tidak tersedia tersebut dapat terpenuhi. Mekanisme kerja OWC ini sendiri adalah memanfaatkan tekanan udara dalam kolom yang dihasilkan dari gerakan gelombang laut, kemudian akan memutar turbin yang terhubung dengan generator sehingga menghasilkan arus listrik. Pada penelitian ini akan membahas bagaimana mendapatkan daya listrik yang optimal dengan cara variasi dimensi kolom OWC. variasi dimensi kolom antara lain 4m x 4m, 6m x 6m dan 8m x 8m. Dari hasil perhitungan yang dilakukan terhadap variasi ketiga dimensi OWC didapatkan daya listrik yang terbesar yakni dimensi kolom 8m x 8m di bulan juli pada ketinggian gelombang maksimal dengan daya listrik sebesar 46,7 kW.

Kata kunci : Kolom OWC, Gelombang Laut, PLTGL, *Oscillating water Column*.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

MODELLING OF OSCILLATING WATER COLUMN ON WAVE POWER PLANT IN TABUHAN ISLAND, BANYUWANGI FOR CAPACITY 2000 WATT

Student Name : Muhammad Khusnul Yaqin Febrianto
NRP : 4212 100 139
Departement : Marine Engineering FTK-ITS
Supervisor : 1. Taufik Fajar Nugroho, ST., M.Sc.
2. Ir. Hari Prastowo, M.Sc.

ABSTRACT

Energy crisis pushed human to discover an eco-friendly alternative energy resource as the source of electricity. Tabuhan Island is a potential tourism object, but up until today, PLN still could not reach the area. Seeing the location of this island which is in the north part of Bali Strait which has a high wave, therefore it has potential as a electricity generation source of sea wave power plant (PLTGL) using oscillating water column (OWC) type, to fill the need of electricity in that area. The mechanism of OWC is by using the air pressure column which generated by wave movement over the sea surface, which then could rotate the turbine connected to the generator, and eventually produces electricity. This study discussed on how to get the optimal power using several OWC collector dimensions. The OWC column dimension used were 4m x 4m, 6m x 6m and 8m x 8m. From the final result over three OWC dimension, it showed that the highest power produced by 8m x 8m column dimension on July, at a maximum wave height, with total of 46.7 kW electrical power.

Key words : Column OWC, PLTGL, Ocean Wave, Oscillating water column

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan.....	iii
Abstrak.....	vii
Abstract.....	xi
Kata Pengantar	xi
Daftar Isi	xiii
Daftar Gambar	xvii
Daftar Tabel.....	xix

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Gelombang Laut.....	5
2.1.1. Jenis Gelombang	6
2.1.2. Statistika Gelombang	7
2.2 Teknik Konversi Energi Kelautan Menjadi Energi Listrik	8
2.3. Oscillating Water Column	9

2.4. Komponen Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang	11
2.5. Penentuan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang	13
2.6. Perhitungan prakiraan daya listrik yang dibangkitkan	14
2.6.1. Perhitungan Energi Gelombang	14
2.6.2. Perhitungan Daya yang Dihasilkan OWC.....	17
2.6.3. Perhitungan Effisiensi OWC.....	21
2.6.4. Prakiraan Daya Listrik yang Dibangkitkan....	21
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Umum.....	23
3.1. Metodologi Skripsi.....	23
3.1. Flow Chart Skripsi	26
 BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Data Awal	27
4.2. Pemodelan OWC.....	29
4.3. Perhitungan Matematis Daya Listrik yang Dibangkitkan	30
4.3.1. Menghitung Daya Gelombang	30
4.3.2. Menghitung Daya yang Dihasilkan OWC	31
4.3.3. Menghitung Daya Listrik yang Dibangkitkan	38
4.4. Analisa Perhitungan	42

4.5. Analisa Lokasi.....	43
4.6. Kajian Keekonomian.....	44
4.6.1. <i>Capital Expenditure</i> (CAPEX)	44
4.6.2. <i>Operational Expenditure</i> (OPEX).....	46
4.6.3. <i>Revenue</i>	48
4.6.4. Analisa Ekonomi.....	49
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1. Kesimpulan	55
5.2. Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Karakter Gelombang Regular.....	6
Gambar 2.2.	Karakter Gelombang Irregular	7
Gambar 2.3.	Oscillating Water Column.....	10
Gambar 2.4.	Diagram Alir Konversi Energi Gelombang Laut Menjadi Energi Listrik	10
Gambar 2.5.	Profil Gelombang Beserta Propertinya	15
Gambar 2.6.	Notasi Analisa Konversi Gelombang	17
Gambar 4.1.	Penampang Melintang Kolom OWC	29
Gambar 4.2.	Penampang Membujur Kolom OWC	29
Gambar 4.3.	Pemodelan OWC dengan 3D Autocad.....	30
Gambar 4.4.	Grafik Daya Listrik yang Dihasilkan dari Tinggi Gelombang Rata-rata Tahun 2015	41
Gambar 4.3.	Lokasi Instalasi OWC di Pulau Tabuhan	43

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.	DataTinggi Gelombang Pulau Tabuhan 2015	27
Tabel 4.2.	Data Periode Gelombang Pulau Tabuhan 2015 ...	28
Tabel 4.3.	Daya Gelombang yang Dihasilkan dari Tinggi Gelombang Rata-rata Tahun 2015	31
Tabel 4.4.	Kecepatan Aliran Udara pada kolom OWC	32
Tabel 4.5.	Kecepatan Aliran Udara pada <i>Orifice</i>	33
Tabel 4.6.	Kapasitas Aliran Udara pada <i>Orifice</i>	34
Tabel 4.7.	Tekanan yang Akan ke Turbin	35
Tabel 4.8.	Daya OWC	36
Tabel 4.9.	Effisiensi OWC	37
Tabel 4.10.	Daya Listrik yang Dihasilkan dengan Tinggi Gelombang Rata-Rata Bulan Januari	39
Tabel 4.11	Daya Listrik yang Dihasilkan Pada Tahun 2015..	40
Tabel 4.12.	<i>Capital Expenditure</i> OWC untuk dimensi kolom 4mx 4m.....	45
Tabel 4.13.	<i>Capital Expenditure</i> OWC untuk dimensi kolom 6mx 6m.....	45
Tabel 4.14.	<i>Capital Expenditure</i> OWC untuk dimensi kolom 8mx 8m.....	46
Tabel 4.15.	<i>Operational Expenditure</i> Pertahun.....	47
Tabel 4.16.	Perhitungan Kajian Ekonomis Dimensi Kolom 4m x 4m.....	49

Tabel 4.17.	Hasil Perhitungan Kajian Keekonomina dengan Variasi Harga Tiket	51
Tabel 4.18.	Total Investasi OWC	51
Tabel 4.19.	<i>Capital Expenditure</i> Genset	52
Tabel 4.20.	<i>Operational Expenditure</i> Genset.....	52
Tabel 4.21.	Total Investasi Genset	52

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pulau Tabuhan merupakan gugusan pulau yang terletak 20 Km dari pusat kota Banyuwangi, Tepat berada di desa Bangsring, Kecamatan Wongsorejo, pulau ini memiliki luas sekitar 5 hektar. Menurut afnan (2015), Dua tahun belakangan, pulau ini mulai dikenal sebagai objek wisata bahari yang baru kabupaten Banyuwangi, yang dimana menawarkan suguhan pantai eksotik, air laut yang jernih, serta biota laut yang indah. Sehingga diharapkan kedepannya Pulau Tabuhan dapat menjadi tujuan wisata unggulan di kabupaten Banyuwangi yang menarik bagi wisatawan domestik maupun mancanegara.

Untuk mensukseskan program pemerintah kabupaten banyuwangi tentang pengembangan Pulau Tabuhan, maka dibutuhkan fasilitas penunjang sehingga menarik wisatawan untuk berkunjung di pulau tabuhan. Sampai saat ini aliran listrik dari PLN belum menjangkau Pulau Tabuhan. Melihat pulau tabuhan terletak di selat bali bagian utara yang memiliki karakteristik gelombang yang relatif tinggi, maka berpotensi sebagai sumber pembangkit listrik tenaga gelombang laut, sehingga aliran listrik yang tidak tersedia tersebut dapat terpenuhi.

Salah satu cara untuk mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik yaitu *oscillating water column* (OWC). Mekanisme kerja dari tipe OWC adalah dengan naik turunnya gelombang laut yang akan mendorong udara pada kolom OWC, kemudian akan memutar turbin yang terhubung dengan generator sehingga menghasilkan aliran listrik

Untuk mendapatkan daya yang optimal pada PLTGL tipe OWC terdapat beberapa faktor yang mempengaruhinya antara lain tinggi gelombang, periode gelombang dan dimensi dari kolom OWC. Berdasarkan faktor sudah disebutkan, faktor yang dapat divariasikan yaitu dimensi dari kolom OWC, sedangkan tinggi gelombang dan periode gelombang tidak dapat divariasikan dikarenakan faktor alam

Berdasarkan latar belakang diatas, maka pada penelitian ini akan membahas tentang pemodelan Bentuk OWC Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut di Pulau Tabuhan, Banyuwangi dengan kapasitas 2000 watt.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang akan di jawab dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dimensi kolektor OWC terhadap daya yang dihasilkan ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari skripsi ini adalah :

1. Menggunakan jenis fixed OWC.
2. Konversi energi gelombang laut tipe OWC
3. Gelombang regular
4. Daya yang dihasilkan 2000 watt
5. Belum membahas perencanaan teknis secara mendetail dari pembangunan PLTGL
6. Pemodelan bentuk OWC hanya pada wall end
7. Tidak membahas secara mendetail tentang turbin dan generator

1.4 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah

1. Mengetahui pengaruh dimensi kolektor OWC terhadap daya yang dihasilkan.
2. Mengetahui nilai keekonomian dari PLTGL tipe OWC

1.5 Manfaat

Manfaat yang diperoleh dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Sebagai salah satu alternatif pembangkit listrik yang ramah lingkungan
2. Sebagai referensi tambahan untuk pemanfaatan lain energi gelombang laut untuk penelitian lebih lanjut mengenai pembangkit listrik gelombang laut.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Gelombang Laut

Holthuijsen (2010) mengemukakan bahwa gelombang laut adalah pergerakan naik dan turunnya air laut dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal

Peristiwa terjadinya gelombang karena adanya waktu dan perbedaan kekuatan penyinaran matahari, serta adanya pengaruh iklim lokasi suatu daerah, maka akan terjadi tekanan udara yang berbeda pada beberapa daerah yang berbeda. Akibat adanya perbedaan tekanan udara ini akan terjadi aliran udara yang bertekanan tinggi ke daerah yang bertekanan rendah. Aliran udara ini yang disebut angin. Bila angin melawati suatu daerah lautan terbuka serta bertiup secara terus menerus pada permukaannya, mula – mula akan menyebabkan riak pada permukaan tersebut, dimana makin lama semakin besar. Pada saat ini riak telah menjadi ombak.

Menurut Mc Cormick (2007) ombak adalah perubahan energi yang sederhana, energi ini telah dimiliki dari permulaan. Sumber Energi ombak terjadi karena empat fenomena :

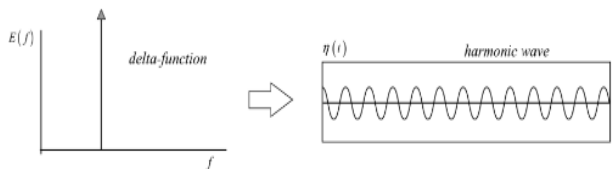
- a. Benda (*body*) yang bergerak pada atau dekat permukaan yang menyebabkan terjadinya gelombang dengan periode kecil, energi kecil pula.
- b. Angin merupakan sumber penyebab utama gelombang lautan.
- c. Gangguan seismik yang menyebabkan terjadinya gelombang pasang atau tsunami. Contoh gangguan seismik adalah gempa bumi, dll.

- d. Medan gravitasi bumi dan bulan penyebab gelombang-gelombang besar, terutama menyebabkan gelombang pasang yang tinggi.

Gelombang laut secara ideal memiliki ketinggian puncak maksimum dan lembah minimum. Pada selang waktu tertentu, ketinggian puncak yang dicapai serangkaian gelombang laut berbeda-beda, bahkan ketinggian puncak ini berbeda-beda untuk lokasi yang sama jika diukur pada hari yang berbeda. Meskipun demikian secara statistik dapat ditentukan ketinggian signifikan gelombang laut pada satu titik di lokasi tertentu. (Adhi, 2013)

2.1.1 Jenis Gelombang

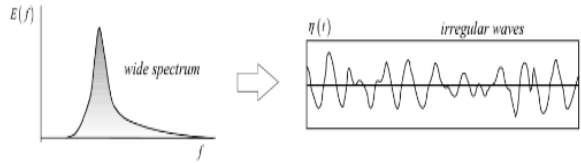
Jenis gelombang ada dua yaitu gelombang regular dan irregular. gelombang reguler merupakan gelombang dengan periode tunggal.



Gambar 2.1 Karakter Gelombang regular

Sumber : Holthhuijsen, 2010

Sedangkan gelombang irregular merupakan gelombang superposisi dari beberapa gelombang reguler yang mempunyai frekuensi dan tinggi gelombang berbeda.



Gambar 2.2 Karakter Gelombang Irregular
Sumber : Holthhuijsen, 2010

2.1.2 Statistika Gelombang

Untuk memudahkan pekerjaan, gelombang sering dinyatakan dalam representasi statistika. Berikut ini beberapa definisi statistika gelombang

a. Gelombang rms (H_{rms})

Gelombang rms didefinisikan berdasarkan konsep perpindahan rata-rata kuadrat. Hubungan antara tinggi gelombang rms (H_{rms}) dengan spectrum gelombang didefinisikan sebagai berikut :

$$H_{rms}^2 = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^N H_n^2 \quad (2.1)$$

b. Gelombang Maximum (H_{max} , T_{max})

Merupakan gelombang tertinggi yang dapat di jumpai selama periode perekaman gelombang atau yang tampak dalam spektrum. Periode maksimum merupakan periode gelombang untuk gelombang tertinggi.

c. Gelombang Sepersepuluh (H_{10} , T_{10})

Gelombang ini merupakan rata-rata dari sepersepuluh gelombang tertinggi, formulasi matematika gelombang sepersepuluh adalah sebagai berikut

$$H_{10} = \frac{10}{N} (H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_{N/10}) \quad (2.2)$$

$$T_{10} = \frac{10}{N}(T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{N/10}) \quad (2.3)$$

d. Gelombang Signifikan (H_s, T_s)

Gelombang signifikan atau gelombang sepertiga adalah perata-rataan sepertiga gelombang tertinggi. Tinggi dan periode signifikan diperhitungkan sebagai berikut

$$H_s = \frac{3}{N}(H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_{N/3}) \quad (2.4)$$

$$T_s = \frac{3}{N}(T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_{N/3}) \quad (2.5)$$

e. Gelombang Rata-rata

Didefinisikan sebagai rata-rata seluruh gelombang yang terekam selama periode pengamatan

$$\bar{H} = \frac{1}{N}(H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_N) \quad (2.6)$$

$$\bar{T} = \frac{1}{N}(T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_N) \quad (2.7)$$

2.2 Teknik Konversi Energi Kelautan Menjadi Energi Listrik

Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin generator. Ada tiga cara membangkitkan energi listrik dengan tenaga gelombang laut: (Utami, 2010)

a. Energi Gelombang

Energi kinetik yang terkandung pada gelombang laut di gunakan untuk menggerakkan turbin.

b. Pasang Surut Air Laut

Ketika pasang datang ke pantai, air pasang di tampung di dalam *reservoir*. Kemudian ketika air surut, air di belakang *reservoir* dapat dialirkan seperti pada PLTA biasa.

c. Pemanfaatan Perbedaan Temperatur Air Laut

Untuk membangkitkan listrik dengan perbedaan temperatur laut adalah dengan memanfaatkan perbedaan suhu di laut. Suhu yang lebih tinggi pada permukaan laut di sebabkan sinar matahari memanasi permukaan laut.

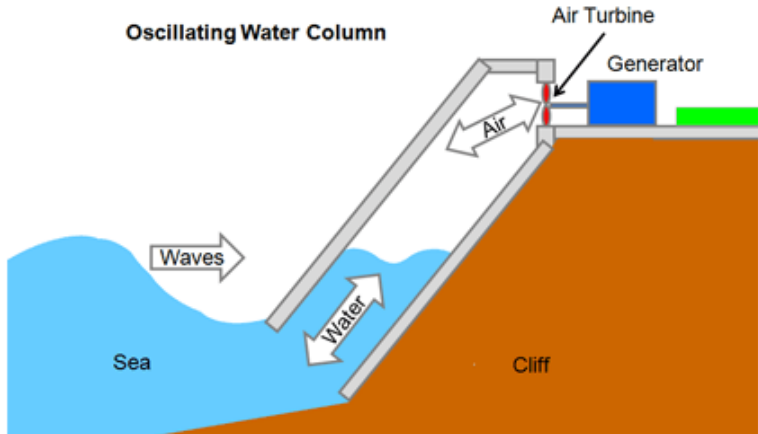
Ada bermacam-macam metode yang dapat di gunakan untuk pemanfaatan gelombang laut sebagai penghasil energi listrik, diantaranya adalah : (Hasnan, 2010)

- a. *Anaconda Bulge Wave System*
- b. *Oister Hydraulic Piston System*
- c. *Attenuator Pelamis System*
- d. *Oscillating Water Column*
- e. *Archimedes Wave Swing System*
- f. *Wave Dragon*

2.3 Oscillating Water Column

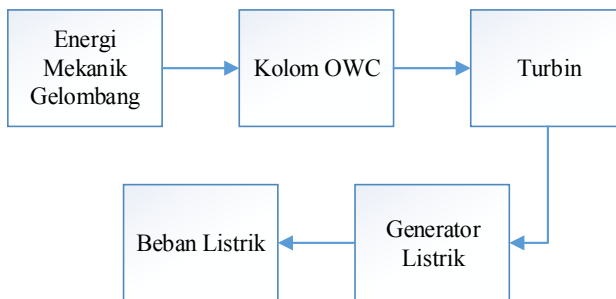
Dari beberapa jenis WEC (*Wave Energi Converter*) tipe *Oscillating Water Colum* adalah tipe WEC yang paling populer. PLTG tipe *Oscillating water column* mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan teknologi PLTG tipe lainnya.

1. Teknologinya yang simpel, yaitu dengan memanfaatkan fluktuasi Gelombang Laut yang masuk kedalam kolektor untuk menghasilkan energi sebagai pemutar turbin,
2. Biaya perawatan yang relatif rendah. Jika dibandingkan dengan PLTG tipe lainnya.
3. Kemudahan dalam distribusi daya yang dihasilkan.



Gambar 2.3 Oscillating Water Column

Sumber: www.mpoweruk.com/hydro_power.htm



Gambar 2.4 Diagram Alir Konversi Energi Gelombang Laut Menjadi Energi Listrik

Sistem pembangkit listrik tersebut terdiri dari air kolektor chamber berisi udara yang berfungsi untuk menggerakkan turbin, kolom tempat air bergerak naik dan turun melalui

saluran yang berada di bawah ponton dan turbin yang terhubung dengan generator. Gerakan air naik dan turun yang seiring dengan gelombang laut menyebabkan udara mengalir melalui saluran menuju turbin. Turbin tersebut didesain untuk bisa bekerja dengan generator putaran dua arah.

2.4 Komponen Dasar Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Tipe Owc

a. Kolektor

Kolektor adalah bangunan yang berfungsi untuk mengumpulkan ombak sebanyak-banyaknya, kemudian memfokuskan pada konverter. Berdasarkan fungsinya maka bentuk dari kolektor adalah menjorok ke lautan lepas.

Dari data yang diperoleh yaitu ketinggian ombak periode ombak dan lebar kolom kolektor dapat di hitung besarnya daya yang masuk ke dalam kolektor

Pada kolektor terdapat lubang *orifice* yang menghubungkan kolektor dengan turbin angin. Pada *orifice* terdapat gaya dan tekanan angin yang digunakan untuk memutar turbin angin.

b. Turbin angin

Turbin angin pada OWC berfungsi merubah tekanan udara yang dihasilkan oleh kolektor menjadi energi gerak. Prinsip kerja dari turbin angin adalah mengubah energi mekanis dari tekanan udara menjadi energi putar pada turbin, lalu putaran turbin digunakan untuk memutar generator yang akhirnya menghasilkan energi listrik. Umumnya daya efektif yang dapat dihasilkan oleh turbin angin hanya sebesar 40%-70%.

c. Generator

Konversi energi elektromagnetik yaitu perubahan energi dari bentuk mekanik ke bentuk listrik dan bentuk listrik ke bentuk mekanik. Generator sinkron (*alternator*) merupakan jenis mesin listrik yang berfungsi untuk menghasilkan tegangan bolak-balik dengan cara mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Energi mekanis diperoleh dari putaran rotor yang digerakkan oleh penggerak mula (*prime mover*), sedangkan energi listrik diperoleh dari proses induksi elektromagnetik yang terjadi pada kumparan stator dan rotornya. Adapun prinsip kerja dari generator sinkron secara umum adalah sebagai berikut:

1. Kumparan medan yang terdapat pada rotor dihubungkan dengan sumber eksitasi tertentu yang akan mensuplai arus searah terhadap kumparan medan. Dengan adanya arus searah yang mengalir melalui kumparan medan maka akan menimbulkan fluks yang besarnya terhadap waktu adalah tetap.
2. Penggerak mula (*Prime Mover*) yang sudah terkopel dengan rotor segera dioperasikan sehingga rotor akan berputar pada kecepatan nominalnya.
3. Perputaran rotor tersebut sekaligus akan memutar medan magnet yang dihasilkan oleh kumparan medan. Medan putar yang dihasilkan pada rotor, akan diinduksikan pada kumparan jangkar sehingga pada kumparan jangkar yang terletak di stator akan dihasilkan fluks magnetik yang berubah-ubah besarnya terhadap waktu.

d. *Rectifier – Inverter*

Untuk mengatasi naik turunnya output listrik dari

generator dikarenakan putaran turbin yang tidak konstan, maka listrik bolak-balik (AC) yang dihasilkan generator harus disalurkan dulu ke *rectifier* untuk dirubah menjadi arus searah (DC) untuk megeliminasi frekuensi yang berfluktuasi agar didapatkan frekuensi yang diinginkan untuk selanjutnya disimpan ke dalam baterai (*accu*). Kemudian dengan menggunakan inverter arus searah tersebut dirubah lagi menjadi arus bolak-balik untuk didistribusikan ke konsumen.

e. Gardu induk atau kendali

Gardu induk adalah tempat kendali dimana energi yang didapatkan ditransformasikan ke *grid conection* atau saluran transmisi.

f. *Grid conection*

Grid conection adalah suatu proses pentransmision energi dari gardu induk ke saluran distribusi yang mana selanjutnya akan disalurkan kepada konsumen.

2.5 Penentuan Lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang

Dalam penentuan lokasi penempatan PLTGL dengan teknologi OWC ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan, antara lain :

a. Tinggi gelombang laut

Tinggi gelombang yang dapat dimanfaatkan untuk pembangkit listrik tenaga gelombang laut dengan teknologi OWC adalah gelombang yang selalu terbentuk sepanjang tahun dengan tinggi minimal adalah satu sampai dua meter, gelombang yang sesuai dengan kriteria tersebut adalah gelombang *swell*, karena memiliki energi yang besar.

b. Arah datang gelombang

Mulut konektor harus sesuai dengan arah datang gelombang, jika tidak maka energi yang masuk akan berkurang sebab banyak yang hilang akibat sifat refleksi, difraksi, maupun refraksi pada gelombang.

c. Syarat gelombang baik

Gelombang baik adalah gelombang yang tidak pecah akibat pendangkalan, karena saat gelombang pecah ada energi yang terbuang.

d. Topografi lautan

Topografi lautan atau batimetri disekitar lokasi mempengaruhi desain akhir PLTGL OWC ini. Apabila kondisi dasar lautan atau permukaanya kurang memenuhi persyaratan maka dapat dilakukan pengerukan atau penambalan.

2.6 Perhitungan Perkiraan Daya Listrik yang Dibangkitkan

2.6.1 Perhitungan Energi Gelombang

Untuk mengetahui daya yang terdapat pada gelombang, maka pertama harus mengetahui energi gelombang yang tersedia. Energi gelombang total adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial. Menurut McCormick (2007) Energi potensial dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$PE = mg \frac{y(x,t)}{2} \quad (2.8)$$

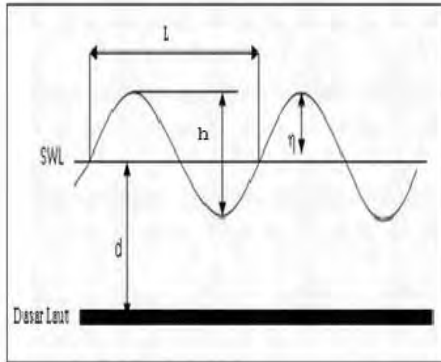
Keterangan :

PE = energi potensial (J)

m = massa gelombang (kg)

g = gaya gravitasi (m/s^2)

$y = y(x,t)$ = tinggi dari dasar laut ke permukaan
($d+\eta$)



Gambar 2.5 Profil Gelombang Beserta Propertinya
Sumber : Rahdyawan, 2009

Keterangan Gambar:

- λ = panjang gelombang
- h = tinggi gelombang
- d = kedalaman
- SWL = *sea water level*
- η = amplitude gelombang

Menghitung energi potensial setelah satu periode dapat mengasumsikan gelombang hanya dalam fungsi x dan waktu yang bebas, yaitu: $y(x,t) = y(x)$. Sehingga:

$$dPE = 0.5 w p a^2 \sin^2 (kx - \omega t) dx \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} PE &= \int_0^\lambda dPE \\ &= \int_0^\lambda \frac{1}{2} w p g a^2 \sin^2 (kx - \omega t) dx \\ &= \frac{1}{2} w p g a^2 \left[\frac{1}{2} x - \frac{1}{4} \sin^2 (kx - \omega t) \right]_0^\lambda \quad (2.10) \end{aligned}$$

Mempertimbangkan $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ dan $\omega = \frac{2\pi}{T}$ maka diperoleh

$$PE = \frac{1}{4} w \rho g a^2 \lambda \quad (2.11)$$

Total energi kinetik setelah satu periode adalah hasil total energi potensial.

$$KE = \frac{1}{4} w \rho g a^2 \lambda \quad (2.12)$$

Sehingga, menurut Mc Cormick (2007) total energi setelah satu periode adalah

$$E_W = PE + KE = \frac{1}{2} w \rho g a^2 \lambda \quad (2.13)$$

Sekarang dipertimbangkan kedalaman air, sehingga persamaannya menjadi :

$$\begin{aligned} \omega^2 &= kg = \left(\frac{2\pi}{\lambda} g \right) \\ \lambda &= \frac{g}{2\pi} T^2 \cong 1.56 T^2 \end{aligned} \quad (2.14)$$

Diterapkan $\lambda = 1.56 T^2$ pada persamaan energi dan daya diatas.

$$E_W = 0.78 w \rho g a^2 T^2 \quad (2.15)$$

Maka, menurut Mc Cormick (2007) jika menggunakan tinggi gelombang didapat:

$$E_W = 0.195 w \rho g h^2 T^2 \quad (2.16)$$

$$P_W = \frac{E_W}{T} = 0.195 w \rho g h^2 T \quad (2.17)$$

Keterangan :

ρ = massa jenis air (kg/m^3)

w = lebar gelombang diasumsikan sama dengan lebar kolom (m)

a = Amplitudo gelombang $h/2$ atau η (m)

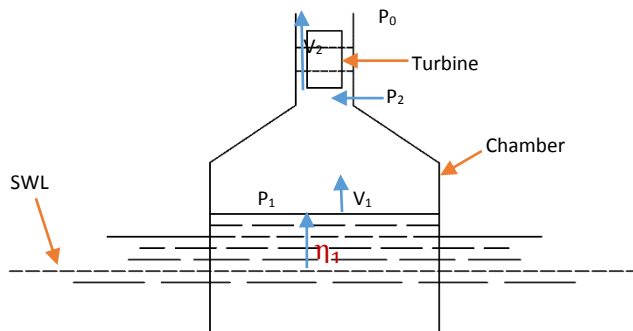
KE = Energi kinetik (J)

- PE = Energi potensial (J)
 E_w = Energi total (J)
 P_{WD} = Daya gelombang laut (W)
 λ = panjang gelombang (m)
 K = koefisien gelombang $2\pi/\lambda$
 ω = kecepatan sudut gelombang $2\pi/T$ (rad/sec)
 T = periode gelombang (sec)

2.6.2 Perhitungan Daya yang Dihasilkan OWC

Dalam penelitian ini menggunakan T dan H sebagai parameter. Densitas air (ρ) dan gravitasi konstan (g) dan tanpa kehilangan akurasi dapat mengambil nilai-nilai $1,025 \text{ kg/m}^3$ dan $9,81 \text{ m/sec}^2$. Lebar gelombang (w) dapat dianggap sama dengan lebar kolom.

Untuk menentukan gaya-gaya gelombang ada beberapa teori yang dapat digunakan, namun dalam penulisan ini menggunakan teori airy atau teori gelombang sederhana dimana Mc Cormick (2007)



Gambar 2.6 Notasi Analisa Konversi Energi Gelombang

Mengacu gambar 2.4 untuk pergerakan vertikal rata-rata air (asumsi) di dalam kolom air, yaitu :

$$\eta_1 = \frac{\bar{H}_1}{2} \cos(\omega t) \quad (2.18)$$

Dari persamaan (2.17) didapatkan kecepatan yaitu:

$$v_1 = \frac{d\eta_1}{dt} = -\frac{\omega \bar{H}_1}{2} \sin(\omega t) \quad (2.19)$$

Hanya udara yang berda di atas kolom air saja yang mempunyai gerakan vertikal, seperti pada persamaan (2.24), dan (2.25). Udara yang berdekatan didorong melalui lubang . Dengan menganggap aliran udara tidak dapat ditekan, kecepatan aliran udara dalam lubang orifice (v_2) dapat diperoleh dari dengan persamaan kontinuitas :

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \quad (2.20)$$

Menurut Mc Cormick (2007) daya yang akan diberikan pada turbin

$$P = (p_2 - p_0) Q \quad (2.21)$$

Keterangan :

P = Daya pada OWC (Watt)

p_2 = Tekanan udara pada Orifice (Pa)

p_0 = Tekanan udara diluar sistem (Pa)

Q = Debit udara di *orifice* (m³/sec)

Untuk menghitung daya yang dihasilkan dari OWC menggunakan rumus di atas sebelumnya diperlukan parameter-parameter yang lain. Ada beberapa tahapan untuk mendapatkannya, yaitu:

- a. Hitung kecepatan udara yang mengalir pada kolom menggunakan persamaan (2.19)
- b. Hitung kecepatan udara yang mengalir pada *orifice* persamaan (2.20)
- c. Hitung tekanan yang akan ke turbin
 1. Menghitung kapasitas udara

$$Q_1 = v_1 A_1 \quad (2.22)$$

$$Q_2 = v_2 A_2 \quad (2.23)$$

2. Hitung potensial kecepatan

Menurut Mc Cormick (2007) untuk menghitung potensial kecepatan menggunakan rumus sebagai berikut

$$\varphi_1 \approx v_1 \eta_1 = -\frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cos(\omega t) \quad (2.24)$$

$$\varphi_2 \approx v_2 \eta_2 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \varphi_1 \quad (2.25)$$

3. Tekanan yang akan ke turbin

Menurut Mc Cormick (2007) untuk menghitung tekanan yang akan ke turbin menggunakan rumus sebagai berikut

$$P_2 - P_0 = \rho \left(\frac{A_1}{A_2}\right) \frac{d\varphi_1}{dt} + \rho \frac{Q}{A_2} (v_2 - v_1) \quad (2.26)$$

$$\text{Dimana, } \varphi_1 = -\frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cos(\omega t)$$

$$u = -\frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \quad v = \cos(\omega t)$$

$$u' = -\frac{\omega^2 H^2}{4} \cos(\omega t) \quad v' = -\sin(\omega t)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi_1}{dt} = & \left(-\frac{\omega^2 H^2}{4} \cos(\omega t) \cdot \cos(\omega t) \right) + \\ & \left(-\frac{\omega H^2}{4} \sin(\omega t) \cdot -\sin(\omega t) \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\frac{d\varphi_1}{dt} &= -\frac{\omega^2 H^2}{4} \cos^2(\omega t) + \frac{\omega H^2}{4} \sin^2(\omega t) \\
\frac{d\varphi_1}{dt} &= -\frac{\omega^2 H^2}{4} (\cos^2(\omega t) - \sin^2(\omega t)) \\
\frac{d\varphi_1}{dt} &= -\frac{\omega^2 H^2}{4} (1 - 2 \sin^2(\omega t)) \quad (2.27)
\end{aligned}$$

Maka persamaan (2.26) disubsitusikan ke persamaan (2.27) menjadi

$$\begin{aligned}
P_2 - P_0 &= -\rho \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \frac{\omega^2 H^2}{4} (1 - 2 \sin^2(\omega t)) + \\
&\quad \rho \frac{Q}{A_2} (v_2 - v_1) \quad (2.28)
\end{aligned}$$

Keterangan :

- p_2 = Tekanan udara pada *Orifice* (Pa)
- p_0 = Tekanan udara diluar sistem (Pa)
- g = gaya gravitasi (m/s^2)
- T = periode gelombang (sec)
- f_c = frekuensi resonansi putaran pada area kolom (Hz)
- ω_c = kecepatan sudut gelombang pada area kolom (rad/s)
- v_1 = kecepatan udara yang mengalir pada kolom OWC (m/sec)
- v_2 = kecepatan udara yang mengalir pada *orifice* (m/sec)
- A_1 = Area kolom OWC (m^2)
- A_2 = Area kolom *orifice* (m^2)
- Q_1 = Kapasitas udara pada kolom OWC (m^3/sec)
- Q_2 = Kapasitas udara pada *orifice* (m^3/sec)
- φ_1 = potensial kecepatan pada kolom OWC ($rad.m/sec$)
- φ_2 = potensial kecepatan pada *orifice* ($rad.m/sec$)

2.6.3 Perhitungan Effisiensi OWC

Setelah mengetahui daya gelombang dan daya keluaran dari OWC maka menurut ardianto dalam rahmatulloh (2013) Effisiensi OWC dapat dihitung dengan perbandingan dari daya gelombang yang masuk ke dalam kolom dengan daya yang keluar dari OWC

$$\eta_{OWC} = \frac{P}{P_W} \times 100 \% \quad (2.29)$$

2.6.4 Prakiraan Daya Listrik yang Dibangkitkan

Untuk mengetahui daya listrik yang dibangkitkan maka perlu diketahui efisiensi dari Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang (PLTGL). Efisiensi dari PLTGL didapat dari perkalian antara efisiensi kolom, efisiensi turbin dan efisiensi generator. Untuk turbinnya sendiri menggunakan *wells turbine* dimana nilai effisiensinya adalah 0,3 - 0,7 dan nilai efisiensi generator adalah 0,8 – 0,9. Menurut Ardianto dalam rahmatulloh (2013) untuk menghitung efisiensi PLTGL digunakan :

$$\eta_{PLTGL} = \eta_{OWC} \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator} \quad (2.30)$$

Setelah didapat daya ombak yang masuk ke column dan efisiensi PLTGL, selanjutnya akan dihitung daya listrik yang dihasilkan.

$$P_{PLTGL} = P_{WD} \times \eta_{PLTGL} \quad (2.31)$$

Keterangan :

P_{PLTGL} : Daya pembangkit (watt)

P_{WD} : Daya yang dihasilkan ombak (watt)

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Umum

Metodologi merupakan uraian mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam suatu penelitian. Metodologi pada penulisan tugas akhir ini mencakup semua kegiatan yang dilakukan untuk memecahkan suatu masalah ataupun proses kegiatan analisa dan evaluasi terhadap permasalahan tugas akhir ini.

3.2. Metodologi Skripsi

Dalam pengerjaan tugas akhir ini, terdapat proses terstruktur yang berfungsi untuk mempermudah dalam pengerjaan tugas akhir nantinya Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian yang ini adalah sebagai berikut:

3.2.1. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Identifikasi dan Perumusan masalah merupakan tahap awal dalam pengerjaan tugas akhir. Pada tahap inilah akan terungkap kondisi saat ini dan permasalahan yang mungkin akan terjadi, sehingga dapat ditentukan apakah permasalahan yang ada layak untuk dipecahkan melalui tugas akhir atau tidak. Permasalahan dapat diketahui melalui observasi, menggali informasi yang ada saat ini ataupun melalui data statistik yang ada dan kecenderungannya di waktu yang akan datang. Pada tahap ini pula, diketahui tujuan dari penulisan tugas akhir.

Pada tugas akhir ini, permasalahan yang akan dibahas yaitu pengaruh dimensi kolom OWC terhadap daya yang dihasilkan

3.2.2. Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dan informasi dengan mencari, mempelajari serta memahami paper, jurnal, buku-buku dan internet yang berkaitan dengan tema tugas akhir sehingga dapat memberi gambaran apa yang harus dilakukan untuk memecahkan permasalahan tersebut. Terutama melakukan tinjauan pustaka tentang cara kerja OWC dan proses konversi energi gelombang

3.2.3. Pengumpulan Data

Pada tahapan ini dilakukan pencarian data yang diperlukan dalam pengerjaan tugas akhir ini sehingga dapat mengetahui metode apa yang dapat digunakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Data yang dibutuhkan antara lain yaitu tinggi gelombang dan periode gelombang.

3.2.4. Pemodelan dimensi kolom OWC untuk 2000 watt

Pada tahap ini dilakukan berbagai variasi dimensi kolom antara lain 4m x 4m, 6m x 6m, 8m x 8m.

3.2.5. Analisa dan Perhitungan daya gelombang yang dihasilkan

Pada tahap ini yaitu mencari nilai rata-rata, maksimal dan minimal dari daya yang dihasilkan oleh OWC

Langkah-langkah sebagai

a. Menghitung daya gelombang

Pada tahap ini menentukan nilai tinggi gelombang rata-rata, maksimal dan minimal tiap bulannya.

- b. Menghitung Daya yang dihasilkan OWC
Sebelum mendapatkan daya yang dihasilkan OWC, yaitu mengetahui kecepatan aliran udara di kolom OWC, kecepatan aliran udara orifice, dan kapasitas aliran udara *orifice*, dan tekanan yang akan ke turbin, daya OWC
- c. Menghitung daya listrik yang dihasilkan
Sebelum mendapatkan daya listrik yang dihasilkan, yaitu mencari efisiensi OWC, efisiensi turbin, dan generator setelah itu dikalikan dengan daya gelombang.

3.2.6. Kajian Keekonomian

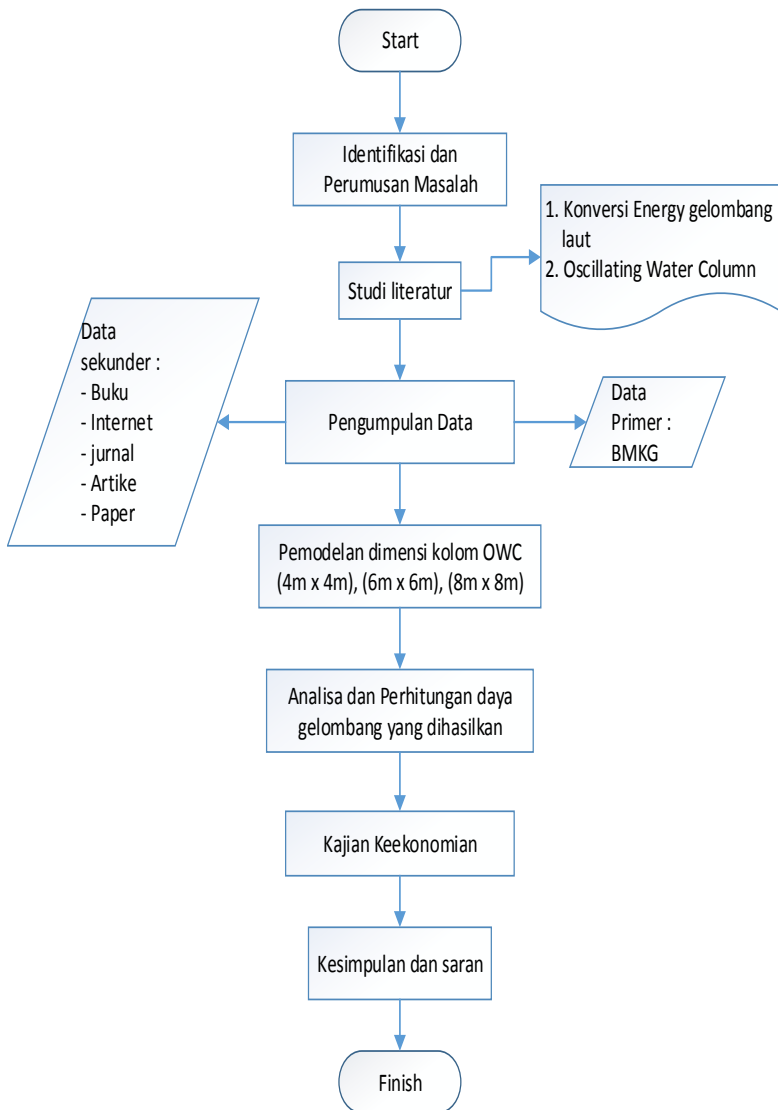
Pada tahap ini bertujuan untuk mengetahui seberapa ekonomi OWC yang akan diplikasikan

3.2.7. Penarikan Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan merupakan rangkuman dari penulisan tugas akhir dan jawaban dari rumusan masalah yang telah disusun pada bab pertama dalam tugas akhir ini.

Saran diberikan oleh penulis untuk menjadi rujukan tentang kendala – kendala yang terdapat dalam proses penulisan tugas akhir ini.

3.3. Flow Chart Skripsi



BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Awal

Berdasarkan dari data gelombang yang diperoleh dari BMKG, data ketinggian dan periode gelombang di wilayah tersebut pada tahun 2015 adalah:

Tabel 4.1 Data Tinggi Gelombang Pulau Tabuhan Tahun 2015

Tanggal	Bulan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.5	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.5	1	0.2	0.1
2	0.3	0.2	0.3	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7	0.4	0.9	0.2	0.1
3	0.5	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.5	0.6	0.5	1	0.2	0.1
4	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.6	0.5	1	0.1	0.2
5	0.4	0.2	0.3	0.2	0.4	0.7	0.5	0.7	0.5	0.9	0.2	0.1
6	0.3	0.2	0.3	0.5	0.4	1	0.6	0.8	0.4	0.6	0.2	0.1
7	0.3	0.2	0.1	0.5	0.4	1	0.6	1	0.4	0.5	0.2	0.2
8	0.4	0.4	0.2	0.3	0.6	0.9	0.5	0.9	0.4	0.5	0.2	0.2
9	0.5	0.4	0.2	0.3	0.6	0.8	0.4	1.1	0.5	0.5	0.1	0.2
10	0.7	0.2	0.2	0.2	0.6	0.6	0.4	1	0.7	0.6	0.1	0.2
11	0.6	0.2	0.3	0.1	0.6	0.5	0.6	1	0.9	0.8	0.1	0.2
12	0.5	0.6	0.5	0.2	0.7	0.5	1.3	0.9	0.9	0.7	0.2	0.2
13	0.3	0.4	0.4	0.3	0.7	0.5	1.8	0.8	0.8	0.6	0.2	0.1
14	0.3	0.2	0.3	0.3	0.7	0.5	1.6	1	0.6	0.5	0.1	0.1
15	0.3	0.1	0.3	0.2	1	0.4	1.5	1.4	0.5	0.4	0.1	0.2
16	0.2	0.2	0.2	0.1	0.9	0.3	1.1	1.2	0.5	0.5	0.1	0.2
17	0.2	0.2	0.2	0.2	0.6	0.3	0.9	1	0.6	0.5	0.1	0.5
18	0.3	0.3	0.1	0.2	0.6	0.3	0.8	0.8	0.8	0.5	0.1	0.7
19	0.3	0.4	0.1	0.3	0.5	0.5	0.8	0.7	0.6	0.6	0.1	0.5
20	0.3	0.4	0.1	0.3	0.5	0.5	0.8	0.7	0.6	0.6	0.1	0.5
21	0.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.6	0.8	0.5	0.5	0.8	0.3	0.5
22	0.2	0.3	0.2	0.1	0.5	0.6	0.7	0.5	0.5	0.8	0.3	0.2
23	0.3	0.4	0.2	0.1	0.6	0.5	0.6	0.5	0.6	0.7	0.3	0.1
24	0.1	0.5	0.3	0.2	0.6	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.3	0.2
25	0.2	0.5	0.2	0.3	0.7	0.5	0.7	0.5	0.5	0.6	0.2	0.5
26	0.5	0.3	0.3	0.4	0.8	0.6	0.5	0.6	0.6	0.5	0.2	0.5
27	0.4	0.1	0.4	0.2	0.7	0.9	0.7	0.5	0.7	0.5	0.2	0.3
28	0.3	0.1	0.3	0.3	0.4	0.8	0.7	0.4	0.8	0.5	0.2	0.3
29	0.2		0.3	0.3	0.3	0.6	0.7	0.4	0.8	0.5	0.3	0.4
30	0.3		0.3	0.4	0.4	0.5	0.8	0.6	0.8	0.5	0.2	0.5
31	0.3		0.3		0.5		0.8	0.7		0.5		0.4

Sumber : BMKG, 2016

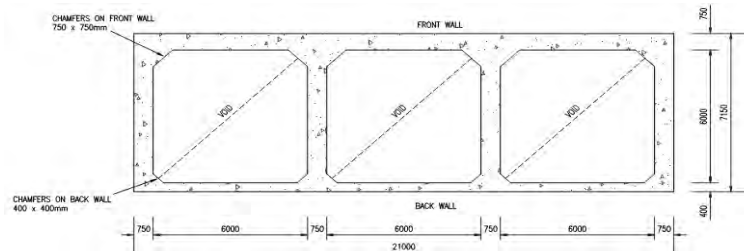
Tabel 4.2 Data Periode Gelombang Pulau Tabuhan Tahun 2015

Tanggal	Bulan ke-											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3.7	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.9	4.2	3.7	3.9	3.4	3.7
2	3.8	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.9	4.2	3.7	3.9	3.3	3.7
3	3.8	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.7
4	3.8	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.7
5	3.8	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
6	3.8	3.6	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
7	3.9	3.7	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
8	3.9	3.7	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
9	3.9	3.7	4.1	3.3	3.9	3.6	3.8	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
10	3.9	3.7	4.1	3.3	3.9	3.6	3.7	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
11	4	3.7	4	3.3	3.9	3.6	3.7	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
12	4	3.7	4	3.3	3.9	3.5	3.7	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
13	4	3.8	4	3.3	3.8	3.5	3.7	4.2	3.7	3.9	3.3	3.8
14	4.1	3.8	4	3.3	3.8	3.5	3.7	4.1	3.7	4	3.3	3.8
15	4.1	3.8	4	3.3	3.8	3.5	3.7	4.1	3.7	4	3.3	3.8
16	4.2	3.8	3.9	3.3	3.8	3.5	3.7	4.1	3.7	4	3.3	3.8
17	4.2	3.8	3.9	3.3	3.8	3.5	3.7	4.1	3.7	4	3.3	3.8
18	4.2	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.8
19	4.3	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.8
20	4.3	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.8
21	4.3	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.8
22	4.3	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.8
23	4.4	3.9	3.9	3.4	3.8	3.5	3.6	4.1	3.7	4	3.3	3.9
25	4.4	3.9	3.8	3.4	3.8	3.5	3.6	4	3.7	4.1	3.3	3.9
26	4.5	3.9	3.8	3.4	3.8	3.5	3.6	4	3.7	4.1	3.3	3.9
27	4.5	3.9	3.8	3.4	3.8	3.5	3.6	4	3.7	4.1	3.4	3.9
28	4.5	3.9	3.8	3.4	3.8	3.4	3.6	4	3.7	4.1	3.4	3.9
29	4.5		3.8	3.4	3.8	3.4	3.6	4	3.7	4.1	3.4	3.9
30	4.6		3.8	3.4	3.8	3.4	3.6	4	3.7	4.1	3.4	3.9
31	4.6		3.8		3.8		3.6	4		4.1		4

Sumber : BMKG, 2016

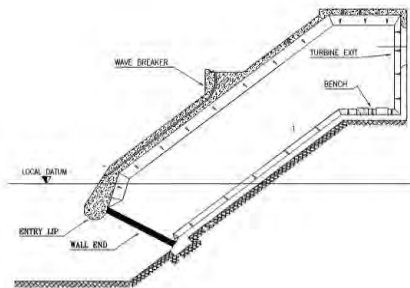
4.2. Pemodelan OWC

Berdasarkan referensi pada ISLAY LIMPET WAVE POWER PLANT, desain kolom yang digunakan memiliki 3 kolom dengan penampang seperti berikut:



Gambar 4.1 Penampang Melintang Kolom OWC

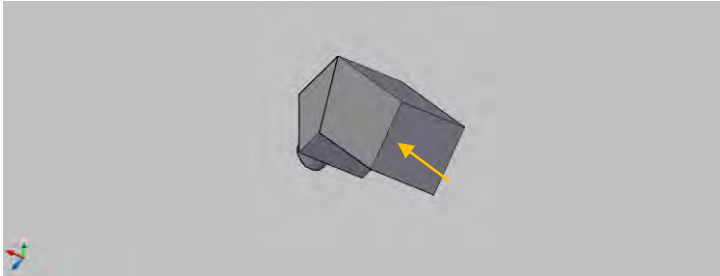
Sumber: LIMPET Publishable report, 2002



Gambar 4.2 Penampang Membujur Kolom OWC

Sumber: LIMPET Publishable report, 2002

Dengan menggunakan desain kolom diatas, dimensi dari kolom tersebut dapat divariasikan dengan lebar tiap kolom. Tetapi desain kolom yang digunakan hanya memiliki 1 kolom. Dari desain diatas maka dilakukan pemodelan dengan menggunakan 3D Autocad sebagai berikut:



Gambar 4.3 Pemodelan OWC dengan 3D Autocad

Dimensi pada kolom yang akan divariasikan ditunjukkan pada arah panah digambar 4.3. Variasi dimensi ukuran kolom OWC antara lain 4m x 4m, 6m x 6m, 8m x 8m.

4.3 Perhitungan Matematis Daya Listrik yang Dibangkitkan

4.3.1 Menghitung Daya Gelombang

Besar daya yang dihasilkan oleh gelombang yang masuk kedalam kolom dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$P_W = 0.195 w \rho g h^2 T \dots\dots\dots(2.17)$$

Dengan data gelombang dari tabel 4.1 dan 4.2. diambil nilai tinggi gelombang maksimal, minimal, dan rata-rata pada tiap bulannya, untuk lebar kolom yaitu 4m x 4m, 6m x 6m, dan 8m x 8m. Sebagai contoh yaitu nilai tinggi rata-rata bulan januari 0.34 m, periode bulan januari 4.15 s, dan lebar kolom 4m x 4m.

$$P_W = 0.195 \times 4 \times 1025 \times 9.81 \times 0.34^2 \times 4.15$$

$$P_W = 3807.1 \text{ watt}$$

Tabel 4.3 Daya Gelombang yang Dihasilkan dari Tinggi Gelombang Rata- Rata Tahun 2015

Bulan	H (m)	T (s)	lebar (m)			Pw (watt)		
						4m x 4m	6m x 6m	8m x 8m
Januari	0.34	4.15	4	6	8	3807	5711	7614
Februari	0.29	3.78	4	6	8	2417	3625	4834
Maret	0.26	3.95	4	6	8	2170	3255	4341
April	0.26	3.34	4	6	8	1818	2728	3637
Mei	0.56	3.84	4	6	8	9377	14065	18753
Juni	0.56	3.53	4	6	8	8674	13011	17348
Juli	0.77	3.69	4	6	8	17060	25590	34120
Agustus	0.75	4.12	4	6	8	18237	27356	36475
September	0.60	3.70	4	6	8	10447	15671	20894
Oktober	0.64	3.98	4	6	8	12608	18912	25216
Nopember	0.18	3.32	4	6	8	843	1264	1686
Desember	0.28	3.82	4	6	8	2305	3458	4611

keterangan : $P_w = 0.195 \rho g h^2 T$

4.3.2 Menghitung Daya yang Dihasilkan OWC

Setelah menghitung daya gelombang pada kolom OWC selanjutnya dilakukan perhitungan daya output dari kolom tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan OWC. Untuk itu terlebih dahulu mengetahui kecepatan udara yang mengalir pada kolom OWC (v_1)

$$v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t) \dots\dots\dots (2.19)$$

Dengan

$$\omega = 2\pi f$$

dimana

$$\begin{aligned} f &= \frac{1}{T} \\ &= \frac{1}{4.15 \text{ s}} \\ &= 0.24 \text{ Hz} \end{aligned}$$

Sehingga

$$\begin{aligned} \omega &= 2\pi (0.24) \\ &= 1.513 \text{ rad/s} \end{aligned}$$

maka didapatkan v_1 pada tinggi gelombang rata-rata pada bulan januari 0.34 m :

$$\begin{aligned} v_1 &= -\frac{1.513}{2} 0.34 \sin(1.513t) \\ &= -0.7565 \sin(1.25t) \text{ m/s} \end{aligned}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan kapasitas aliran udara pada kolom OWC sebagai berikut.

Tabel 4.4 Kecepatan Aliran Udara pada Kolom OWC

t (s)	H (m)	f (Hz)	ω (rad/s)	$\sin(\omega t)$	v_1 (m/s)
0	0.34	0.24	1.513	0.000	0.000
20	0.34	0.24	1.513	-0.918	0.237
40	0.34	0.24	1.513	-0.729	0.188
60	0.34	0.24	1.513	0.339	-0.088
80	0.34	0.24	1.513	0.998	-0.258
100	0.34	0.24	1.513	0.453	-0.117
120	0.34	0.24	1.513	-0.639	0.165
140	0.34	0.24	1.513	-0.960	0.248
160	0.34	0.24	1.513	-0.123	0.032
180	0.34	0.24	1.513	0.862	-0.223

keterangan : $v_1 = -\frac{\omega}{2} H \sin(\omega t)$

Dari hasil perhitungan nilai kecepatan aliran udara pada kolom OWC (v_1) maka dapat dilakukan perhitungan kecepatan aliran udara pada kolom *orifice* (v_2) yaitu dengan persamaan sebagai berikut :

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1 \dots \dots \dots (2.20)$$

Dimana A_1 merupakan luas dari kolom OWC yakni sebesar 21m^2 dan luas A_2 merupakan luas *orifice* yakni sebesar 1.8m^2 . maka didapatkan v_2 sebagai berikut:

$$v_2 = \frac{21}{1.8} 0.237$$

$$v_2 = 2.822\text{m/s}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan kecepatan aliran udara yang melalui orifice sebagai berikut.

Tabel 4.5 Kecepatan Aliran Udara pada *Orifice*

t (s)	v_1 (m/s)	luasan kolom (A_1)			A_2 (m^2)	kecepatan Orifice (v_2)		
		4m	6m	8m		4m	6m	8m
		x 4m	x 6m	x 8m		x 4m	x 6m	x 8m
0	0.000	21	42	72	1.8	0.000	0.000	0.000
20	0.237	21	42	72	1.8	2.822	5.644	9.676
40	0.188	21	42	72	1.8	2.240	4.481	7.681
60	-0.088	21	42	72	1.8	-1.044	-2.087	-3.578
80	-0.258	21	42	72	1.8	-3.069	-6.138	-10.522
100	-0.117	21	42	72	1.8	-1.393	-2.785	-4.775
120	0.165	21	42	72	1.8	1.963	3.927	6.731
140	0.248	21	42	72	1.8	2.951	5.903	10.119
160	0.032	21	42	72	1.8	0.380	0.759	1.302
180	-0.223	21	42	72	1.8	-2.650	-5.300	-9.085

keterangan : $v_2 = \frac{A_1}{A_2} v_1$

Setelah mengetahui kecepatan aliran dan luas area, maka kapasitas aliran (Q) dapat dicari dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = v A \dots\dots\dots(2.23)$$

Dimana v_2 merupakan kecepatan aliran udara pada orifice yakni 2.822m/s dan A_2 adalah luasan *orifice* yakni 1.8m². maka didapat Q sebagai berikut :

$$Q = 2.822 \times 1.8$$

$$Q = 4.985 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan kapasitas aliran udara yang melalui *orifice* sebagai berikut.

Tabel 4.6 Kapasitas Aliran Udara pada *Orifice*

t (s)	A ₂ (m ²)	kecepatan Orifice {v ₂ (m/s) }			Q ₂ (m ³ /s)		
		4m x 4m	6m x 6m	8m x 8m	4m x 4m	6m x 6m	8m x 8m
0	1.8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	1.8	2.822	5.644	9.676	4.985	9.970	17.091
40	1.8	2.240	4.481	7.681	3.957	7.914	13.568
60	1.8	-1.044	-2.087	-3.578	-1.843	-3.687	-6.320
80	1.8	-3.069	-6.138	-10.522	-5.421	-10.841	-18.585
100	1.8	-1.393	-2.785	-4.775	-2.460	-4.920	-8.434
120	1.8	1.963	3.927	6.731	3.468	6.935	11.889
140	1.8	2.951	5.903	10.119	5.213	10.426	17.873
160	1.8	0.380	0.759	1.302	0.671	1.341	2.299
180	1.8	-2.650	-5.300	-9.085	-4.680	-9.361	-16.047

keterangan : $Q = v A$

Selanjutnya yaitu menghitung tekanan yang akan ke turbin ($p_2 - p_0$) untuk menggunakan persamaan (2.28) sebagai berikut

$$P_2 - P_0 = -\rho \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \frac{\omega^2 H^2}{4} (1 - 2 \sin^2(\omega t)) + \rho \frac{Q}{A_2} (v_2 - v_1)$$

Dimana ρ adalah massa jenis udara yakni 1.2 kg/m^3 , φ_1 adalah potensial kecepatan. Maka didapat ($p_2 - p_0$) sebagai berikut :

$$P_2 - P_0 = -1.2 \left(\frac{21}{1.8} \right) \frac{1.513^2 0.34^2}{4} (1 - 2 (-0.918)^2) + 1.2 \frac{4.985}{1.8} (2.822 - 0.237)$$

$$P_2 - P_0 = 2.2 + 109.6$$

$$P_2 - P_0 = 9.41 \text{ N/m}^3$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan Tekanan yang akan ke turbin sebagai berikut.

Tabel 4.7 Tekanan yang Akan ke Turbin

t (s)	H (m)	A ₁ (m ²)	A ₂ (m ²)	v ₁ (m/s)	v ₂ (m/s)	ω (rad/s)	Q (m ³ /s)	p ₂ -p ₀ (N/m ³)
0	0.34	21	1.8	0.000	0.000	1.513	0.000	-0.95
20	0.34	21	1.8	0.237	2.822	1.513	4.985	9.41
40	0.34	21	1.8	0.188	2.240	1.513	3.957	5.58
60	0.34	21	1.8	0.088	1.044	1.513	1.843	0.46
80	0.34	21	1.8	0.258	3.069	1.513	5.421	11.30
100	0.34	21	1.8	0.117	1.393	1.513	2.460	1.57
120	0.34	21	1.8	0.165	1.963	1.513	3.468	4.06
140	0.34	21	1.8	0.248	2.951	1.513	5.213	10.38
160	0.34	21	1.8	0.032	0.380	1.513	0.671	-0.77
180	0.34	21	1.8	0.223	2.650	1.513	4.680	8.18

keterangan : $P_2 - P_0 = -\rho \left(\frac{A_1}{A_2} \right) \frac{\omega^2 H^2}{4} (1 - 2 \sin^2(\omega t)) + \rho \frac{Q}{A_2} (v_2 - v_1)$

Setelah mengetahui tekanan udara yang akan ke turbin maka daya yang bekerja pada turbin dapat diketahui dengan menggunakan perhitungan pada persamaan sebagai berikut

$$P = (p_2 - p_0)Q \dots \dots \dots (2.21)$$

dimana Q adalah kapasitas aliran udara maka didapatkan daya OWC (P) sebagai berikut:

$$P = (p_2 - p_0)Q$$

$$P = 9.4 \times 4.985$$

$$P = 47 \text{ watt}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan daya OWC sebagai berikut.

Tabel 4.8 Daya OWC

t (s)	$p_2 - p_0$ (N/m ³)			Q_2 (m ³ /s)			P (watt)		
	4m	6m	8m	4m	6m	8m	4m	6m	8m
	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	4m	6m	8m	4m	6m	8m	4m	6m	8m
0	1.0	1.9	3.3	0.000	0.000	0.000	0	0	0
20	9.4	37.9	111.8	4.985	9.970	17.091	47	378	1911
40	5.6	23.2	69.3	3.957	7.914	13.568	22	184	940
60	0.5	3.5	12.5	1.843	3.687	6.320	1	13	79
80	11.3	45.2	132.8	5.421	10.841	18.585	61	490	2469
100	1.6	7.8	24.8	2.460	4.920	8.434	4	38	209
120	4.1	17.4	52.4	3.468	6.935	11.889	14	120	623
140	10.4	41.7	122.6	5.213	10.426	17.873	54	434	2191
160	0.8	1.2	1.2	0.671	1.341	2.299	0.51	1.59	3
180	8.2	33.2	98.2	4.680	9.361	16.047	38	311	1576

keterangan : $P = (p_2 - p_0)Q$

Setelah mengetahui daya OWC, maka dapat menentukan efisiensi OWC. Dimana persamaan efficiency owc sebagai berikut

$$\eta_{owc} = \frac{P}{P_w} \times 100 \% \dots\dots\dots(2.29)$$

Dimana P adalah daya OWC dan P_w adalah daya gelombang maka didapatkan efisiensi OWC sebagai berikut

$$\eta_{owc} = \frac{P}{P_w} \times 100 \%$$

$$\eta_{owc} = \frac{47}{3807} \times 100 \%$$

$$\eta_{owc} = 1 \%$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan efisiensi OWC sebagai berikut.

Tabel 4.9 Efisiensi OWC

t (s)	P (watt)			P _w (watt)			Efisiensi OWC		
	4m	6m	8m	4m	6m	8m	4m	6m	8m
	x 4m	x 6m	x 8m	x 4m	x 6m	x 8m	x 4m	x 6m	x 8m
0	0	0	0	3807	5711	7614	0.00	0.00	0.00
20	47	378	1911	3807	5711	7614	0.01	0.07	0.25
40	22	184	940	3807	5711	7614	0.01	0.03	0.12
60	1	13	79	3807	5711	7614	0.00	0.00	0.01
80	61	490	2469	3807	5711	7614	0.02	0.09	0.32
100	4	38	209	3807	5711	7614	0.00	0.01	0.03
120	14	120	623	3807	5711	7614	0.00	0.02	0.08
140	54	434	2191	3807	5711	7614	0.01	0.08	0.29
160	0.51	1.59	3	3807	5711	7614	0.00	0.00	0.00
180	38	311	1576	3807	5711	7614	0.01	0.05	0.21

keterangan : $\eta_{owc} = \frac{P}{P_w} \times 100 \%$

4.3.3 Menghitung Daya Listrik yang Dibangkitkan

Setelah memperoleh efisiensi OWC, selanjutnya dapat menghitung berapa daya listrik yang dihasilkan oleh OWC dengan cara menggunakan persamaan berikut

$$\eta_{PLTGL} = \eta_{OWC} \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator} \dots \dots \dots (2.30)$$

Dimana efisiensi turbin dan generator diasumsikan yakni 0.3 dan 0.9. sehingga didapatkan efisiensi PLTGL

Setelah didapat daya ombak yang masuk ke column dan efisiensi PLTGL, selanjutnya akan dihitung daya listrik yang dihasilkan.

$$P_{PLTGL} = P_{WD} \times \eta_{PLTGL} \dots \dots \dots (2.31)$$

Perhitungan sebagai berikut

$$P_{PLTGL} = P_{WD} \times \eta_{PLTGL}$$

$$P_{PLTGL} = P_{WD} \times \eta_{OWC} \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator}$$

$$P_{PLTGL} = 3807 \times 0.1 \times 0.3 \times 0.9$$

$$P_{PLTGL} = 12.66 \text{ watt}$$

Dengan perhitungan yang sama maka didapatkan daya PLTGL sebagai berikut

Tabel 4.10 Daya Listrik yang Dihasilkan dengan Tinggi Gelombang Rata-Rata Bulan Januari

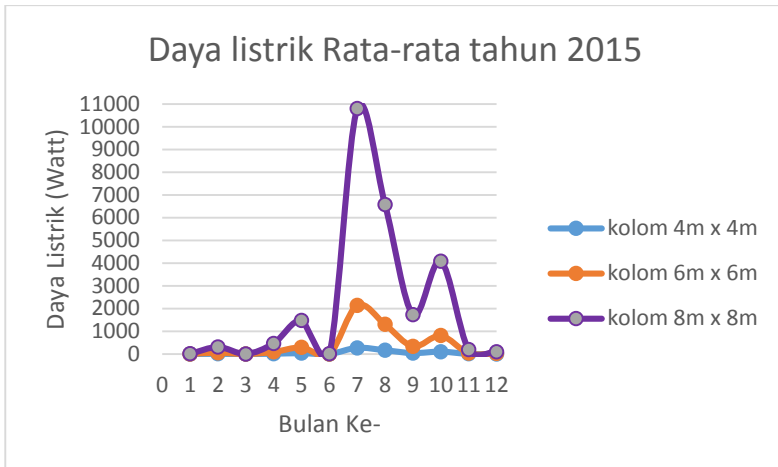
t (s)	Effisiensi OWC			Effisiensi turbin	Effisiensi Generator	P _{WD} (watt)			P _{LTGL} (watt)		
	4mx4m	6mx6m	8mx8m			4mx4m	6mx6m	8mx8m	4mx4m	6mx6m	8mx8m
0	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	3807	5711	7614	0.00	0.00	0.00
20	0.01	0.07	0.25	0.3	0.9	3807	5711	7614	12.66	102.10	516.06
40	0.01	0.03	0.12	0.3	0.9	3807	5711	7614	5.96	49.57	253.76
60	0.00	0.00	0.01	0.3	0.9	3807	5711	7614	0.23	3.52	21.27
80	0.02	0.09	0.32	0.3	0.9	3807	5711	7614	16.54	132.30	666.57
100	0.00	0.01	0.03	0.3	0.9	3807	5711	7614	1.04	10.35	56.38
120	0.00	0.02	0.08	0.3	0.9	3807	5711	7614	3.80	32.53	168.32
140	0.01	0.08	0.29	0.3	0.9	3807	5711	7614	14.60	117.26	591.64
160	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	3807	5711	7614	0.14	0.43	0.74
180	0.01	0.05	0.21	0.3	0.9	3807	5711	7614	10.34	83.95	425.52

Keterangan : $P_{PLTGL} = P_{WD} \times \eta_{OWC} \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator}$

Dikarenakan langkah-langkah perhitungan sama maka bulan februari sampai desember ditunjukkan pada tabel 4.11

Tabel 4.11 Daya Listrik yang Dihasilkan Pada Tahun 2015

No	Bulan	P _{LTGL} (watt)								
		Tinggi gelombang Rata-rata			Tinggi gelombang Maksimal			Tinggi gelombang Minimal		
		Dimensi kolom OWC			Dimensi kolom OWC			Dimensi kolom OWC		
		4mx4m	6mx6m	8mx8m	4mx4m	6mx6m	8mx8m	4mx4m	6mx6m	8mx8m
1	Januari	0.10	1.15	6.48	62.29	518.07	2651.39	0.08	0.71	3.66
2	Februari	7.31	59.55	302.27	39.23	326.25	1669.68	0.18	1.51	7.73
3	Maret	0.04	0.16	0.44	0.51	1.38	1.21	0.12	1.05	5.41
4	April	11.43	92.08	465.23	0.82	2.69	5.48	0.08	0.72	3.83
5	Mei	34.78	288.49	1474.94	297.52	2427.44	12328.5	4.90	40.78	208.71
6	Juni	0.79	2.83	7.01	5.75	12.83	5.05	0.16	0.35	0.14
7	Juli	268.07	2144.60	10804.3	1086.40	9101.51	46713.9	19.04	155.36	789.02
8	Agustus	162.31	1302.48	6570.09	342.59	2885.91	14843.7	0.26	0.71	0.62
9	September	40.24	337.09	1730.14	135.80	1137.69	5839.23	11.92	99.88	512.63
10	Oktober	100.43	807.75	4078.36	181.62	1510.41	7730.01	0.26	0.71	0.62
11	Nopember	4.75	37.99	191.39	2.11	19.44	103.41	0.01	0.02	0.04
12	Desember	2.23	19.29	100.24	102.05	832.61	4228.67	0.18	1.51	7.73
Rata-rata		52.7	424.5	2144	188.1	1564.7	8010	3.1	24.3	128.3



Gambar 4.4 Grafik Daya Listrik yang Dihasilkan dari Tinggi Gelombang Rata-Rata Tahun 2015

Berdasarkan gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin besar dimensi kolom maka daya listrik yang dihasilkan semakin besar pula dikarenakan gelombang laut yang masuk ke kolom lebih banyak sehingga jika dikonversi menjadi daya listrik akan lebih banyak pula. Namun dengan dimensi kolom yang sama ada perbedaan daya listrik yang dihasilkan karena beberapa faktor yang mempengaruhi antara lain tinggi gelombang, periode gelombang. Hal tersebut dibuktikan pada bulan ke-6 dimana daya listrik yang dihasilkan lebih kecil dari pada bulan ke-5.

4.4 Analisa Perhitungan

Dari data tabel 4.9 dapat diketahui bahwa potensi daya listrik rata-rata yang dihasilkan tahun 2015 untuk kolom OWC yang berdimensi 4m x 4m yaitu 52.7 watt, 6m x 6m yaitu 424.5 watt, 8m x 8m yaitu 2144 watt.

Sementara untuk daya listrik yang dihasilkan dari OWC direncanakan menghasilkan 2000 watt. Dengan daya listrik kolom 4m x 4m sebesar 52.7 watt

Kebutuhan daya = 2000 Watt

$$\text{Jumlah OWC} = \frac{\text{Kebutuhan daya}}{\text{Daya yang dihasilkan turbin}}$$

$$\text{Jumlah OWC} = \frac{2000}{52.7}$$

$$\text{Jumlah OWC} = 37.95$$

Jadi jumlah kolom OWC yang akan diaplikasikan dipulau tabuhan untuk dimensi kolom 4m x 4m yaitu 38 buah kolom. Dengan perhitungan yang sama seperti diatas, maka untuk dimensi 6m x 6m membutuhkan 5 buah kolom, untuk dimensi 8m x 8m membutuhkan 1 buah kolom.

4.5 Analisa Lokasi



Gambar 4.5 Lokasi instalasi OWC di Pulau tabuhan

Lokasi yang dipilih yaitu ditunjukkan pada lingkaran merah. Dikarenakan didaerah tersebut gelombangnya relative lebih tinggi dibanding lainnya dan terumbu karangnya relatif sedikit dibanding dengan yang lainnya.

4.6 Kajian Keekonomian OWC

Tujuan Kajian keekonomian adalah untuk mengetahui tingkat keekonomian dari OWC untuk menyuplai alat destilasi di pulau tabuhan. PLTGL tipe OWC ini di desain mampu beroperasi selama 25 tahun.

Dalam kajian ekonomis yang dilakukan, terdapat dua variabel yang menjadi pertimbangan dalam perhitungan keekonomian. Kedua variabel tersebut adalah *Capital Expenditure* (CAPEX) dan *Operational Expenditure* (OPEX). Sedangkan parameter yang digunakan dalam kajian ekonomis adalah *Payback Periods* (PP), dan *Net Present Value* (NPV).

4.6.1. *Capital Expenditure* (CAPEX)

Capital Expenditure adalah seluruh biaya investasi awal yang dikeluarkan untuk membangun OWC. untuk CAPEX tanpa menghitung biaya pembuatan jetty. Dalam melakukan perhitungan keuangan perlu ditetapkan asumsi-asumsi sebagai dasar perhitungan yang dapat diperoleh dari pengalaman, hasil survey lapangan maupun hal-hal yang berlaku di masyarakat.

Perhitungan CAPEX terdiri dari biaya material, Instalasi dan Design. Untuk biaya instalasi sendiri sebesar 10% dari total CAPEX. Sedangkan biaya desain diambil 4% dari CAPEX.

Berdasarkan hasil perhitungan biaya awal didapatkan untuk dimensi kolom 4m x 4m yaitu Rp. 13.039.754.000, kolom 6m x 6m yaitu 2.636.300.000, dan kolom 8m x 8m yaitu 786.658.000. Untuk lebih detailnya bisa dilihat pada tabel 4.10, tabel 4.11, tabel 4.12.

Tabel 4.12 *Capital Expenditure* OWC untuk dimensi kolom 4m x 4m

No	Item	Jumlah	Harga (rupiah)	Total (rupiah)
I	Material			
	1 Wall OWC	38	211.200.000	8.025.600.000
	2 Turbin	38	72.200.000	2.743.600.000
	3 Alternator	38	87.792.000	300.504.000
	4 Baterei	1	87.792.000	87.792.000
	5 Inverter	1	2,458,000	2.458.000
	6 Kabel daya	38	2.100.000	79.8000.000
	Total biaya material			11.239.754.000
II	Biaya Instalasi			1.300.000.000
III	Biaya Desain			500.000.000
	Total CAPEX			13.039.754.000

Tabel 4.13 *Capital Expenditure* OWC untuk dimensi kolom 6m x 6m

No	Item	Jumlah	Harga (rupiah)	Total (rupiah)
I	Material			
	1 Wall OWC	5	322.560.000	1.612.800.000
	2 Turbin	5	72.200.000	361.000.000
	3 Alternator	5	87.792.000	191.750.00
	4 Baterei	1	87.792.000	87.792.000
	5 Inverter	1	2,458,000	2.458.000
	6 Kabel daya	5	2.100.000	10.500.000
	Total biaya material			2.266.300.000
II	Biaya Instalasi			260.000.000
III	Biaya Desain			110.000.000
	Total CAPEX			2.636.300.000

Tabel 4.14 *Capital Expenditure* OWC untuk dimensi kolom 8m x 8m

No	Item	Jumlah	Harga (rupiah)	Total (rupiah)
I	Material			
	1 Wall OWC	1	467.200.000	467.200.000
	2 Turbin	1	72.200.000	72.200.000
	3 Alternator	1	237.000.000	237.000.000
	4 Baterei	1	87.792.000	87.792.000
	5 Inverter	1	2,458,000	2,458,000
	6 Kabel daya	1	2.100.000	2.100.000
	Total biaya material			868.750.000
II	Biaya Instalasi			105.000.000
III	Biaya Desain			42.000.000
	Total CAPEX			1.015.750.000

4.6.2. *Operational Expenditure* (OPEX)

Operational Expenditure (OPEX) adalah seluruh biaya yang dikeluarkan untuk mendukung pengoperasian OWC. OPEX terdiri dari biaya operasional dan biaya perawatan. Untuk biaya operasional diambil dari upah pekerja dan mengalami kenaikan 5% selama pertahun dikarenakan faktor inflasi. Sedangkan biaya perawatan diambil dari biaya CAPEX sebesar 3% per tahunnya

Tabel 4.15 *Operational Expenditure* Tahunan

tahun ke -	<i>Operational Expenditure</i> (rupiah)		
	Dimensi kolom		
	4m x 4m	6m x6m	8m x8m
1	191,597,540	67,163,000	28,266,580
2	325,055,080	95,566,000	37,153,160
3	458,665,620	124,071,000	46,090,740
4	462,039,270	126,320,100	47,215,290
5	465,581,603	128,681,655	48,396,068
6	469,301,052	131,161,288	49,635,884
7	473,206,473	133,764,902	50,937,691
8	477,307,166	136,498,697	52,304,589
9	481,612,893	139,369,182	53,739,831
10	486,133,907	142,383,191	55,246,836
11	490,880,971	145,547,901	56,829,190
12	495,865,389	148,870,846	58,490,663
13	501,099,027	152,359,938	60,235,209
14	506,594,348	156,023,485	62,066,983
15	512,364,434	159,870,209	63,990,345
16	518,423,025	163,909,270	66,009,875
17	524,784,545	168,150,283	68,130,382
18	531,464,141	172,603,347	70,356,914
19	538,477,717	177,279,065	72,694,772
20	545,841,972	182,188,568	75,149,524
21	553,574,440	187,343,546	77,727,013
22	561,693,531	192,756,274	80,433,377
23	570,218,576	198,439,637	83,275,059
24	579,169,874	204,407,169	86,258,825
25	588,568,737	210,673,078	89,391,779
Total	12,309,521,328	3,845,401,632	1,540,026,576

4.6.3. *Revenue*

Revenue adalah pendapatan dari suatu bisnis yang dilakukan. *Revenue* dari PLTGL tipe OWC ini didapatkan dari harga tiket masuk pengunjung pulau tabuhan. Untuk mengetahui apakah diakhir periode, investasi yang telah dikeluarkan mendapatkan penghasilan optimum, maka perlu dilakukan perhitungan *revenue* dengan variasi harga tiket masuk ke pulau Tabuhan.

Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi harga tiket., yaitu Rp. 5.000, Rp. 10.000, Rp. 15.000. Harga tiket masuk akan dikalikan jumlah pengunjung harian selama 1 tahun sehingga didapatkan *revenue* per variasi harga tiket masuk. Dengan beragamnya variasi harga tiket akan mempengaruhi *payback period*. *Payback period* adalah jangka waktu pengembalian modal investasi yang telah dikeluarkan.

Perhitungan *revenue* untuk harga tiket sebesar Rp.10.000 dan dengan jumlah pengunjung harian pulau tabuhan sebanyak 50 orang, maka didapatkan *revenue* per tahun sebesar Rp.182.500.000

Setelah *revenue* telah diketahui, maka langkah selanjutnya adalah mencari *payback period*, dan *net present value*. Nilai tersebut dihitung untuk memastikan kelayakan investasi dari segi keekonomian.

Untuk biaya total investasi berasal dari 2 sumber yaitu uang sendiri sebesar 40% dan dan peminjaman ke bank sebesar 60%.

Tabel 4.16 Perhitungan Kajian Ekonomis Dimensi Kolom 4m X 4m dengan tiket masuk 5000

Tahun Ke-	CAPEX (Rupiah)	OPEX (Rupiah)	Revenue (Rupiah)	Pembayaran bank (rupiah)	Cash flow sebelum pajak (Rupiah)	Pajak (Rupiah)	cash flow (Rupiah)	cumulative cash flow (Rupiah)	payback period
0	13,039,754,000							(13,039,754,000.00)	
1		191,597,540	91,250,000	861,938,736	(962,286,276)	(96,228,628)	(866,057,648.41)	(13,905,811,648.41)	
2		325,055,080	91,250,000	861,938,736	(1,095,743,816)	(109,574,382)	(986,169,434.41)	(14,891,981,082.81)	
3		458,665,620	91,250,000	861,938,736	(1,229,354,356)	(122,935,436)	(1,106,418,920.41)	(15,998,400,003.22)	
4		462,039,270	91,250,000	861,938,736	(1,232,728,006)	(123,272,801)	(1,109,455,205.41)	(17,107,855,208.63)	
5		465,581,603	91,250,000	861,938,736	(1,236,270,339)	(123,627,034)	(1,112,643,304.66)	(18,220,498,513.28)	
6		469,301,052	91,250,000	861,938,736	(1,239,989,788)	(123,998,979)	(1,115,990,808.87)	(19,336,489,322.15)	
7		473,206,473	91,250,000	861,938,736	(1,243,895,209)	(124,389,521)	(1,119,505,688.29)	(20,455,995,010.44)	
8		477,307,166	91,250,000	861,938,736	(1,247,995,902)	(124,799,590)	(1,123,196,311.69)	(21,579,191,322.13)	
9		481,612,893	91,250,000	861,938,736	(1,252,301,629)	(125,230,163)	(1,127,071,466.25)	(22,706,262,788.38)	
10		486,133,907	91,250,000	861,938,736	(1,256,822,643)	(125,682,264)	(1,131,140,378.54)	(23,837,403,166.92)	
11		490,880,971	91,250,000	861,938,736	(1,261,569,707)	(126,156,971)	(1,135,412,736.45)	(24,972,815,903.37)	
12		495,865,389	91,250,000	861,938,736	(1,266,554,125)	(126,655,412)	(1,139,898,712.25)	(26,112,714,615.62)	
13		501,099,027	91,250,000	861,938,736	(1,271,787,763)	(127,178,776)	(1,144,608,986.84)	(27,257,323,602.47)	

Tahun Ke-	CAPEX (Rupiah)	OPEX (Rupiah)	Revenue (Rupiah)	Pembayaran bank (rupiah)	Cash flow sebelum pajak (Rupiah)	Pajak (Rupiah)	cash flow (Rupiah)	cumulative cash flow (Rupiah)	payback period
14		506,594,348	91,250,000	861,938,736	(1,277,283,084)	(127,728,308)	(1,149,554,775.17)	(28,406,878,377.63)	
15		512,364,434	91,250,000	861,938,736	(1,283,053,170)	(128,305,317)	(1,154,747,852.90)	(29,561,626,230.54)	
16		518,423,025	91,250,000	861,938,736	(1,289,111,761)	(128,911,176)	(1,160,200,584.53)	(30,721,826,815.07)	
17		524,784,545	91,250,000	861,938,736	(1,295,473,281)	(129,547,328)	(1,165,925,952.73)	(31,887,752,767.80)	
18		531,464,141	91,250,000	861,938,736	(1,302,152,877)	(130,215,288)	(1,171,937,589.35)	(33,059,690,357.15)	
19		538,477,717	91,250,000	861,938,736	(1,309,166,453)	(130,916,645)	(1,178,249,807.80)	(34,237,940,164.95)	
20		545,841,972	91,250,000	861,938,736	(1,316,530,708)	(131,653,071)	(1,184,877,637.17)	(35,422,817,802.12)	
21		553,574,440	91,250,000	861,938,736	(1,324,263,176)	(132,426,318)	(1,191,836,858.01)	(36,614,654,660.12)	
22		561,693,531	91,250,000	861,938,736	(1,332,382,267)	(133,238,227)	(1,199,144,039.89)	(37,813,798,700.01)	
23		570,218,576	91,250,000	861,938,736	(1,340,907,312)	(134,090,731)	(1,206,816,580.86)	(39,020,615,280.87)	
24		579,169,874	91,250,000	861,938,736	(1,349,858,610)	(134,985,861)	(1,214,872,748.88)	(40,235,488,029.75)	
25		588,568,737	91,250,000	861,938,736	(1,359,257,473)	(135,925,747)	(1,223,331,725.31)	(41,458,819,755.06)	

Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Kajian Keekonomian dengan Variasi Harga Tiket

Dimensi kolom	Harga tiket (Rupiah)	<i>Payback period</i> (tahun)	NPV (Rupiah)
4m x 4m	5.000		(41.458.819.755)
	10.000		(39.405.694.755)
	15.000		(37.352.569.755)
6m x 6m	5.000		(7.964.923.666)
	10.000		(5.911.798.666)
	15.000		(7.458.746.266)
8m x 8m	5.000		(1.289.528.955)
	10.000	10.94	763.596.045
	15.000	4.19	2.816.721.044

Dari tabel 4.17 menunjukkan bahwa semakin besar harga tiket maka semakin cepat payback period dan semakin besar pula nilai NPV. Untuk kolom berdimensi 4m x 4m tidak dapat diimplementasikan dikarenakan mengalami kerugian.

Tabel 4.18 Tabel Total Investasi OWC

No	Dimensi kolom	CAPEX (Rupiah)	OPEX (Rupiah)	TOTAL (Rupiah)
1	4m x 4m	13.039.754.000	12.309.521.328	25.349.275.328
2	6m x 6m	2.636.300.000	3.845.401.632	6.481.701.632
3	8m x 8m	786.658.000	1.540.026.576	2.326.684.576

BIAYA DENGAN GENSET

A. *Capital Expenditure (CAPEX)*

Tabel 4.19 *Capital Expenditure* Genset

No	Item	Jumlah	Harga (rupiah)	Total (rupiah)
I	Material			
	1 genset	4	5.000.000	20.000.000
	2 Kabel daya	1	2.100.000	2.100.000
	Total biaya material			22.100.000
II	Biaya Instalasi			830.000
III	Biaya Desain			330.000
	Total CAPEX			23.200.000

B. *Operational Expenditure (OPEX)*

Tabel 4.20 *Operational Expenditure* Genset

no	keterangan	Total (rupiah)
1	Operasional	790.196.250
2	Perawatan	6.195.000
toatal		796.391.250

C. **Total Investasi**

Tabel 4.21 Biaya Investasi Genset

no	keterangan	Total (rupiah)
1	Capex	23.200.000
2	Opex	796.391.250
total		819.651.250

4.6.4. Analisa Ekonomi

Untuk analisa ekonomi pada pengaplikasian OWC di pulau taguhan dengan 2 skenario yaitu dengan cara murni bisnis dan membandingkan dengan pembangkit lainnya (genset).

Untuk skenario pertama yaitu murni bisnis. Dimana untuk OWC yang diaplikasikan memiliki dimensi kolom 8m x 8m. hal tersebut dikarenakan memiliki payback period sebesar 10.94 tahun sedangkan NPV Rp. 726.597.000,00

Untuk sekenario kedua yaitu membandingkan biaya investasi antara OWC dengan dimensi kolom 8m x 8m dengan Genset. Dimana untuk biaya OWC yaitu Rp. 2.326.684.576,00 sedangkan biaya genset Rp. 819.651.250,00.

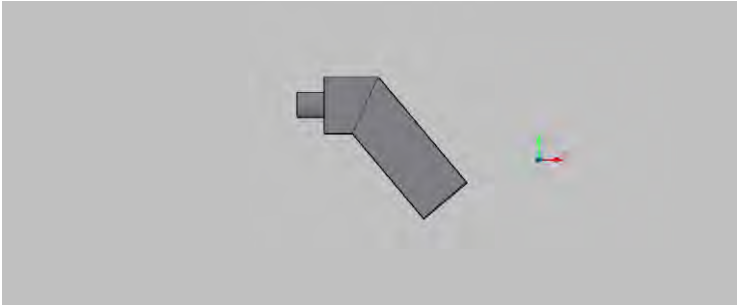
Pada kedua sekenario membuktikan bahwa pembangunan PLTGL tipe OWC di Pulau Tabuhan tidak ekonomis dan tidak sepadan dengan biaya suplai listrik dengan genset. Namun PLTGL tipe OWC akan unggul dibanding dengan genset dan bisa diaplikasikan apabila di Pulau Tabuhan harus terbebas dari polusi udara dikarenakan PLTGL OWC lebih ramah lingkungan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

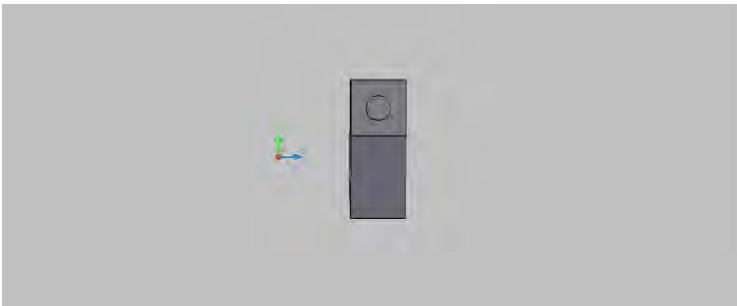
LAMPIRAN A

PEMODELAN OWC

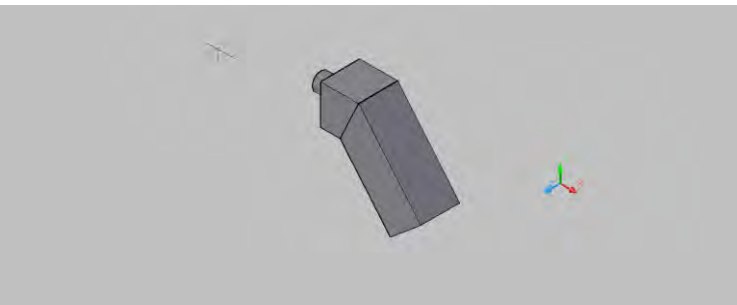
Model OWC



Gambar A.1 Tampak samping



Gambar A.2 Tampak depan



Gambar A.3 Isometric

LAMPIRAN B

PERHITUNGAN MATEMATIS

DAYA LISTRIK YANG DIBANGKITKAN

1. Daya listrik yang dihasilkan dengan tinggi gelombang rata-rata tahun 2015

NO	bulan	Eff OWC			Eff turbin	Eff Gen	P _{WD} (watt)			Pw		
		4	6	8			4	6	8	4	6	8
1	Januari	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	3807	5711	7614	0.10	1.15	6.48
2	Februari	0.01	0.06	0.23	0.3	0.9	2417	3625	4834	7.31	59.55	302.27
3	Maret	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	2170	3255	4341	0.04	0.16	0.44
4	April	0.02	0.13	0.47	0.3	0.9	1818	2728	3637	11.43	92.08	465.23
5	Mei	0.01	0.08	0.29	0.3	0.9	9377	14065	18753	34.78	288.49	1474.94
6	Juni	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	8674	13011	17348	0.79	2.83	7.01
7	Juli	0.06	0.31	1.17	0.3	0.9	17060	25590	34120	268.07	2144.60	10804.3
8	Agustus	0.03	0.18	0.67	0.3	0.9	18237	27356	36475	162.31	1302.48	6570.09
9	September	0.01	0.08	0.31	0.3	0.9	10447	15671	20894	40.24	337.09	1730.14
10	Oktober	0.03	0.16	0.60	0.3	0.9	12608	18912	25216	100.43	807.75	4078.36
11	Nopember	0.02	0.11	0.42	0.3	0.9	843	1264	1686	4.75	37.99	191.39
12	desember	0.00	0.02	0.08	0.3	0.9	2305	3458	4611	2.23	19.29	100.24

2. Daya listrik yang dihasilkan dengan tinggi gelombang maksimal tahun 2015

NO	bulan	Eff OWC			Eff turbin	Eff Gen	P _{WD} (watt)			P _w		
		4	6	8			4	6	8	4	6	8
1	Januari	0.02	0.09	0.33	0.3	0.9	14988	22482	29976	62.29	518.07	2651.39
2	Februari	0.01	0.07	0.28	0.3	0.9	11012	16518	22023	39.23	326.25	1669.68
3	Maret	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	7843	11765	15686	0.51	1.38	1.21
4	April	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	6471	9706	12941	0.82	2.69	5.48
5	Mei	0.04	0.20	0.77	0.3	0.9	29804	44706	59608	297.52	2427.44	12328.49
6	Juni	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	28235	42353	56470	5.75	12.83	5.05
7	Juli	0.04	0.24	0.92	0.3	0.9	94023	141035	188046	1086.40	9101.51	46713.85
8	Agustus	0.02	0.11	0.44	0.3	0.9	63027	94541	126054	342.59	2885.91	14843.74
9	September	0.02	0.12	0.46	0.3	0.9	23506	35259	47012	135.80	1137.69	5839.23
10	Oktober	0.02	0.12	0.47	0.3	0.9	30588	45882	61176	181.62	1510.41	7730.01
11	Nopember	0.00	0.02	0.08	0.3	0.9	2400	3600	4800	2.11	19.44	103.41
12	desember	0.03	0.14	0.54	0.3	0.9	14604	21906	29208	102.05	832.61	4228.67

3. Daya listrik yang dihasilkan dengan tinggi gelombang minimal tahun 2015

NO	bulan	Eff OWC			Eff turbin	Eff Gen	P _{WD} (watt)			Pw		
		4	6	8			4	6	8	4	6	8
1	Januari	0.00	0.01	0.02	0.3	0.9	345	518	690	0.08	0.71	3.66
2	Februari	0.00	0.01	0.05	0.3	0.9	306	459	612	0.18	1.51	7.73
3	Maret	0.00	0.01	0.03	0.3	0.9	322	482	643	0.12	1.05	5.41
4	April	0.00	0.01	0.03	0.3	0.9	267	400	533	0.08	0.72	3.83
5	Mei	0.01	0.04	0.14	0.3	0.9	2753	4129	5506	4.90	40.78	208.71
6	Juni	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	2541	3812	5082	0.16	0.35	0.14
7	Juli	0.01	0.08	0.31	0.3	0.9	4769	7153	9537	19.04	155.36	789.02
8	Agustus	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	5020	7529	10039	0.26	0.71	0.62
9	September	0.01	0.05	0.20	0.3	0.9	4643	6965	9286	11.92	99.88	512.63
10	Oktober	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	5020	7529	10039	0.26	0.71	0.62
11	Nopember	0.00	0.00	0.00	0.3	0.9	259	388	518	0.01	0.02	0.04
12	desember	0.00	0.01	0.05	0.3	0.9	306	459	612	0.18	1.51	7.73

LAMPIRAN C

KAJIAN EKONOMIS

VARIASI HARGA TIKET

Tiket 5.000, kolom 4m x 4m

INPUT		Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
CAPEX		0	13,039,754,000							(13,039,754,000.00)
OPEX	Rp 12,309,521,328	1		91,250,000	191,597,540	861,938,736	(962,286,276)	(96,228,628)	(866,057,648.41)	(13,905,811,648.41)
Harga Tiket	Rp 5,000	2		91,250,000	325,055,080	861,938,736	(1,095,743,816)	(109,574,382)	(986,169,434.41)	(14,891,981,082.81)
Harga Pendapatan pertahun	Rp 91,250,000	3		91,250,000	458,665,620	861,938,736	(1,229,354,356)	(122,935,436)	(1,106,418,920.41)	(15,998,400,003.22)
Peminjaman		4		91,250,000	462,039,270	861,938,736	(1,232,728,006)	(123,272,801)	(1,109,455,205.41)	(17,107,855,208.63)
CAPEX	Rp 13,039,754,000	5		91,250,000	465,581,603	861,938,736	(1,236,270,339)	(123,627,034)	(1,112,643,304.66)	(18,220,498,513.28)
Prosentase Peminjaman	60	6		91,250,000	469,301,052	861,938,736	(1,239,989,788)	(123,998,979)	(1,115,990,808.87)	(19,336,489,322.15)
Periode Peminjaman	25	7		91,250,000	473,206,473	861,938,736	(1,243,895,209)	(124,389,521)	(1,119,505,688.29)	(20,455,995,010.44)
Jumlah Peminjaman	Rp 7,823,852,400	8		91,250,000	477,307,166	861,938,736	(1,247,995,902)	(124,799,590)	(1,123,196,311.69)	(21,579,191,322.13)
Bunga	0.1	9		91,250,000	481,612,893	861,938,736	(1,252,301,629)	(125,230,163)	(1,127,071,466.25)	(22,706,262,788.38)
		10		91,250,000	486,133,907	861,938,736	(1,256,822,643)	(125,682,264)	(1,131,140,378.54)	(23,837,403,166.92)
		11		91,250,000	490,880,971	861,938,736	(1,261,569,707)	(126,156,971)	(1,135,412,736.45)	(24,972,815,903.37)
		12		91,250,000	495,865,389	861,938,736	(1,266,554,125)	(126,655,412)	(1,139,898,712.25)	(26,112,714,615.62)
		13		91,250,000	501,099,027	861,938,736	(1,271,787,763)	(127,178,776)	(1,144,608,986.84)	(27,257,323,602.47)
		14		91,250,000	506,594,348	861,938,736	(1,277,283,084)	(127,728,308)	(1,149,554,775.17)	(28,406,878,377.63)
		15		91,250,000	512,364,434	861,938,736	(1,283,053,170)	(128,305,317)	(1,154,747,852.90)	(29,561,626,230.54)
		16		91,250,000	518,423,025	861,938,736	(1,289,111,761)	(128,911,176)	(1,160,200,584.53)	(30,721,826,815.07)
		17		91,250,000	524,784,545	861,938,736	(1,295,473,281)	(129,547,328)	(1,165,925,952.73)	(31,887,752,767.80)
		18		91,250,000	531,464,141	861,938,736	(1,302,152,877)	(130,215,288)	(1,171,937,589.35)	(33,059,690,357.15)
		19		91,250,000	538,477,717	861,938,736	(1,309,166,453)	(130,916,645)	(1,178,249,807.80)	(34,237,940,164.95)
		20		91,250,000	545,841,972	861,938,736	(1,316,530,708)	(131,653,071)	(1,184,877,637.17)	(35,422,817,802.12)
		21		91,250,000	553,574,440	861,938,736	(1,324,263,176)	(132,426,318)	(1,191,836,858.01)	(36,614,654,660.12)
		22		91,250,000	561,693,531	861,938,736	(1,332,382,267)	(133,238,227)	(1,199,144,039.89)	(37,813,798,700.01)
		23		91,250,000	570,218,576	861,938,736	(1,340,907,312)	(134,090,731)	(1,206,816,580.86)	(39,020,615,280.87)
		24		91,250,000	579,169,874	861,938,736	(1,349,858,610)	(134,985,861)	(1,214,872,748.88)	(40,235,488,029.75)
		25		91,250,000	588,568,737	861,938,736	(1,359,257,473)	(135,925,747)	(1,223,331,725.31)	(41,458,819,755.06)

Tiket 5.000, kolom 6m x 6m

INPUT	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
OPEX	Rp 3,845,401,632
Harga Tiket	Rp 5,000
Harga Pendapatan pertahun	Rp 91,250,000
Peminjaman	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 1,581,780,000
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	2,636,300,000							(2,636,300,000.00)
1		91,250,000	67,163,000	174,261,653	(150,174,653)	(15,017,465)	(135,157,187.91)	(2,771,457,187.91)
2		91,250,000	95,566,000	174,261,653	(178,577,653)	(17,857,765)	(160,719,887.91)	(2,932,177,075.81)
3		91,250,000	124,071,000	174,261,653	(207,082,653)	(20,708,265)	(186,374,387.91)	(3,118,551,463.72)
4		91,250,000	126,320,100	174,261,653	(209,331,753)	(20,933,175)	(188,398,577.91)	(3,306,950,041.62)
5		91,250,000	128,681,655	174,261,653	(211,693,308)	(21,169,331)	(190,523,977.41)	(3,497,474,019.03)
6		91,250,000	131,161,288	174,261,653	(214,172,941)	(21,417,294)	(192,755,646.88)	(3,690,229,665.91)
7		91,250,000	133,764,902	174,261,653	(216,776,555)	(21,677,656)	(195,098,899.83)	(3,885,328,565.74)
8		91,250,000	136,498,697	174,261,653	(219,510,350)	(21,951,035)	(197,559,315.43)	(4,082,887,881.17)
9		91,250,000	139,369,182	174,261,653	(222,380,835)	(22,238,084)	(200,142,751.80)	(4,283,030,632.97)
10		91,250,000	142,383,191	174,261,653	(225,394,844)	(22,539,484)	(202,855,360.00)	(4,485,885,992.96)
11		91,250,000	145,547,901	174,261,653	(228,559,554)	(22,855,955)	(205,703,598.60)	(4,691,589,591.57)
12		91,250,000	148,870,846	174,261,653	(231,882,499)	(23,188,250)	(208,694,249.14)	(4,900,283,840.70)
13		91,250,000	152,359,938	174,261,653	(235,371,591)	(23,537,159)	(211,834,432.20)	(5,112,118,272.90)
14		91,250,000	156,023,485	174,261,653	(239,035,138)	(23,903,514)	(215,131,624.41)	(5,327,249,897.31)
15		91,250,000	159,870,209	174,261,653	(242,881,862)	(24,288,186)	(218,593,676.24)	(5,545,843,573.55)
16		91,250,000	163,909,270	174,261,653	(246,920,923)	(24,692,092)	(222,228,830.65)	(5,768,072,404.20)
17		91,250,000	168,150,283	174,261,653	(251,161,936)	(25,116,194)	(226,045,742.79)	(5,994,118,146.99)
18		91,250,000	172,603,347	174,261,653	(255,615,001)	(25,561,500)	(230,053,500.54)	(6,224,171,647.53)
19		91,250,000	177,279,065	174,261,653	(260,290,718)	(26,029,072)	(234,261,646.17)	(6,458,433,293.70)
20		91,250,000	182,188,568	174,261,653	(265,200,221)	(26,520,022)	(238,680,199.08)	(6,697,113,492.78)
21		91,250,000	187,343,546	174,261,653	(270,355,200)	(27,035,520)	(243,319,679.64)	(6,940,433,172.41)
22		91,250,000	192,756,274	174,261,653	(275,767,927)	(27,576,793)	(248,191,134.23)	(7,188,624,306.64)
23		91,250,000	198,439,637	174,261,653	(281,451,291)	(28,145,129)	(253,306,161.54)	(7,441,930,468.18)
24		91,250,000	204,407,169	174,261,653	(287,418,822)	(28,741,882)	(258,676,940.22)	(7,700,607,408.40)
25		91,250,000	210,673,078	174,261,653	(293,684,731)	(29,368,473)	(264,316,257.84)	(7,964,923,666.24)

Tiket 5.000, kolom 8m x 8m

INPUT	
CAPEX	Rp 786,658,000
OPEX	Rp 1,540,026,576
Harga Tiket	Rp 5,000
Harga Pendapatan tahunan	Rp 91,250,000
Peminjaman	
CAPEX	Rp 786,658,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 471,994,800
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	786,658,000							(786,658,000.00)
1		91,250,000	28,266,580	51,998,757	10,984,663	1,098,466	9,886,196.52	(776,771,803.48)
2		91,250,000	37,153,160	51,998,757	2,098,083	209,808	1,888,274.52	(774,883,528.96)
3		91,250,000	46,090,740	51,998,757	(6,839,497)	(683,950)	(6,155,547.48)	(781,039,076.44)
4		91,250,000	47,215,290	51,998,757	(7,964,047)	(796,405)	(7,167,642.48)	(788,206,718.92)
5		91,250,000	48,396,068	51,998,757	(9,144,825)	(914,482)	(8,230,342.23)	(796,437,061.15)
6		91,250,000	49,635,884	51,998,757	(10,384,641)	(1,038,464)	(9,346,176.97)	(805,783,238.12)
7		91,250,000	50,937,691	51,998,757	(11,686,448)	(1,168,645)	(10,517,803.44)	(816,301,041.56)
8		91,250,000	52,304,589	51,998,757	(13,053,346)	(1,305,335)	(11,748,011.24)	(828,049,052.80)
9		91,250,000	53,739,831	51,998,757	(14,488,588)	(1,448,859)	(13,039,729.43)	(841,088,782.22)
10		91,250,000	55,246,836	51,998,757	(15,995,593)	(1,599,559)	(14,396,033.53)	(855,484,815.75)
11		91,250,000	56,829,190	51,998,757	(17,577,948)	(1,757,795)	(15,820,152.83)	(871,304,968.58)
12		91,250,000	58,490,663	51,998,757	(19,239,420)	(1,923,942)	(17,315,478.09)	(888,620,446.67)
13		91,250,000	60,235,209	51,998,757	(20,983,966)	(2,098,397)	(18,885,569.63)	(907,506,016.30)
14		91,250,000	62,066,983	51,998,757	(22,815,740)	(2,281,574)	(20,534,165.73)	(928,040,182.03)
15		91,250,000	63,990,345	51,998,757	(24,739,102)	(2,473,910)	(22,265,191.65)	(950,305,373.68)
16		91,250,000	66,009,875	51,998,757	(26,758,632)	(2,675,863)	(24,082,768.85)	(974,388,142.53)
17		91,250,000	68,130,382	51,998,757	(28,879,139)	(2,887,914)	(25,991,224.92)	(1,000,379,367.45)
18		91,250,000	70,356,914	51,998,757	(31,105,671)	(3,110,567)	(27,995,103.79)	(1,028,374,471.25)
19		91,250,000	72,694,772	51,998,757	(33,443,530)	(3,344,353)	(30,099,176.61)	(1,058,473,647.86)
20		91,250,000	75,149,524	51,998,757	(35,898,281)	(3,589,828)	(32,308,453.07)	(1,090,782,100.92)
21		91,250,000	77,727,013	51,998,757	(38,475,770)	(3,847,577)	(34,628,193.35)	(1,125,410,294.27)
22		91,250,000	80,433,377	51,998,757	(41,182,134)	(4,118,213)	(37,063,920.64)	(1,162,474,214.91)
23		91,250,000	83,275,059	51,998,757	(44,023,816)	(4,402,382)	(39,621,434.30)	(1,202,095,649.21)
24		91,250,000	86,258,825	51,998,757	(47,007,582)	(4,700,758)	(42,306,823.64)	(1,244,402,472.85)
25		91,250,000	89,391,779	51,998,757	(50,140,536)	(5,014,054)	(45,126,482.45)	(1,289,528,955.29)

Tiket 10.000, kolom 4m x 4m

INPUT	
CAPEX	Rp 13,039,754,000
OPEX	Rp 12,309,521,328
Harga Tiket	Rp 10,000
Harga Pendapatan pertahun	Rp 182,500,000

Peminjaman	
CAPEX	Rp 13,039,754,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 7,823,852,400
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	13,039,754,000							(13,039,754,000)
1		182,500,000	191,597,540	861,938,736	(871,036,276)	(87,103,628)	(783,932,648)	(13,823,686,648)
2		182,500,000	325,055,080	861,938,736	(1,004,493,816)	(100,449,382)	(904,044,434)	(14,727,731,083)
3		182,500,000	458,665,620	861,938,736	(1,138,104,356)	(113,810,436)	(1,024,293,920)	(15,752,025,003)
4		182,500,000	462,039,270	861,938,736	(1,141,478,006)	(114,147,801)	(1,027,330,205)	(16,779,355,209)
5		182,500,000	465,581,603	861,938,736	(1,145,020,339)	(114,502,034)	(1,030,518,305)	(17,809,873,513)
6		182,500,000	469,301,052	861,938,736	(1,148,739,788)	(114,873,979)	(1,033,865,809)	(18,843,739,322)
7		182,500,000	473,206,473	861,938,736	(1,152,645,209)	(115,264,521)	(1,037,380,688)	(19,881,120,010)
8		182,500,000	477,307,166	861,938,736	(1,156,745,902)	(115,674,590)	(1,041,071,312)	(20,922,191,322)
9		182,500,000	481,612,893	861,938,736	(1,161,051,629)	(116,105,163)	(1,044,946,466)	(21,967,137,788)
10		182,500,000	486,133,907	861,938,736	(1,165,572,643)	(116,557,264)	(1,049,015,379)	(23,016,153,167)
11		182,500,000	490,880,971	861,938,736	(1,170,319,707)	(117,031,971)	(1,053,287,736)	(24,069,440,903)
12		182,500,000	495,865,389	861,938,736	(1,175,304,125)	(117,530,412)	(1,057,773,712)	(25,127,214,616)
13		182,500,000	501,099,027	861,938,736	(1,180,537,763)	(118,053,776)	(1,062,483,987)	(26,189,698,602)
14		182,500,000	506,594,348	861,938,736	(1,186,033,084)	(118,603,308)	(1,067,429,775)	(27,257,128,378)
15		182,500,000	512,364,434	861,938,736	(1,191,803,170)	(119,180,317)	(1,072,622,853)	(28,329,751,231)
16		182,500,000	518,423,025	861,938,736	(1,197,861,761)	(119,786,176)	(1,078,075,585)	(29,407,826,815)
17		182,500,000	524,784,545	861,938,736	(1,204,223,281)	(120,422,328)	(1,083,800,953)	(30,491,627,768)
18		182,500,000	531,464,141	861,938,736	(1,210,902,877)	(121,090,288)	(1,089,812,589)	(31,581,440,357)
19		182,500,000	538,477,717	861,938,736	(1,217,916,453)	(121,791,645)	(1,096,124,808)	(32,677,565,165)
20		182,500,000	545,841,972	861,938,736	(1,225,280,708)	(122,528,071)	(1,102,752,637)	(33,780,317,802)
21		182,500,000	553,574,440	861,938,736	(1,233,013,176)	(123,301,318)	(1,109,711,858)	(34,890,029,660)
22		182,500,000	561,693,531	861,938,736	(1,241,132,267)	(124,113,227)	(1,117,019,040)	(36,007,048,700)
23		182,500,000	570,218,576	861,938,736	(1,249,657,312)	(124,965,731)	(1,124,691,581)	(37,131,740,281)
24		182,500,000	579,169,874	861,938,736	(1,258,608,610)	(125,860,861)	(1,132,747,749)	(38,264,488,030)
25		182,500,000	588,568,737	861,938,736	(1,268,007,473)	(126,800,747)	(1,141,206,725)	(39,405,694,755)

Tiket 10.000, kolom 6m x 6m

INPUT	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
OPEX	Rp 3,845,401,632
Harga Tiket	Rp 10,000
Harga Pendapatan pertahun	Rp 182,500,000

Peminjaman	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 1,581,780,000
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	2,636,300,000							(2,636,300,000)
1		182,500,000	67,163,000	174,261,653	(58,924,653)	(5,892,465)	(53,032,188)	(2,689,332,188)
2		182,500,000	95,566,000	174,261,653	(87,327,653)	(8,732,765)	(78,594,888)	(2,767,927,076)
3		182,500,000	124,071,000	174,261,653	(115,832,653)	(11,583,265)	(104,249,388)	(2,872,176,464)
4		182,500,000	126,320,100	174,261,653	(118,081,753)	(11,808,175)	(106,273,578)	(2,978,450,042)
5		182,500,000	128,681,655	174,261,653	(120,443,308)	(12,044,331)	(108,398,977)	(3,086,849,019)
6		182,500,000	131,161,288	174,261,653	(122,922,941)	(12,292,294)	(110,630,647)	(3,197,479,666)
7		182,500,000	133,764,902	174,261,653	(125,526,555)	(12,552,656)	(112,973,900)	(3,310,453,566)
8		182,500,000	136,498,697	174,261,653	(128,260,350)	(12,826,035)	(115,434,315)	(3,425,887,881)
9		182,500,000	139,369,182	174,261,653	(131,130,835)	(13,113,084)	(118,017,752)	(3,543,905,633)
10		182,500,000	142,383,191	174,261,653	(134,144,844)	(13,414,484)	(120,730,360)	(3,664,635,993)
11		182,500,000	145,547,901	174,261,653	(137,309,554)	(13,730,955)	(123,578,599)	(3,788,214,592)
12		182,500,000	148,870,846	174,261,653	(140,632,499)	(14,063,250)	(126,569,249)	(3,914,783,841)
13		182,500,000	152,359,938	174,261,653	(144,121,591)	(14,412,159)	(129,709,432)	(4,044,493,273)
14		182,500,000	156,023,485	174,261,653	(147,785,138)	(14,778,514)	(133,006,624)	(4,177,499,897)
15		182,500,000	159,870,209	174,261,653	(151,631,862)	(15,163,186)	(136,468,676)	(4,313,968,574)
16		182,500,000	163,909,270	174,261,653	(155,670,923)	(15,567,092)	(140,103,831)	(4,454,072,404)
17		182,500,000	168,150,283	174,261,653	(159,911,936)	(15,991,194)	(143,920,743)	(4,597,993,147)
18		182,500,000	172,603,347	174,261,653	(164,365,001)	(16,436,500)	(147,928,501)	(4,745,921,648)
19		182,500,000	177,279,065	174,261,653	(169,040,718)	(16,904,072)	(152,136,646)	(4,898,058,294)
20		182,500,000	182,188,568	174,261,653	(173,950,221)	(17,395,022)	(156,555,199)	(5,054,613,493)
21		182,500,000	187,343,546	174,261,653	(179,105,200)	(17,910,520)	(161,194,680)	(5,215,808,172)
22		182,500,000	192,756,274	174,261,653	(184,517,927)	(18,451,793)	(166,066,134)	(5,381,874,307)
23		182,500,000	198,439,637	174,261,653	(190,201,291)	(19,020,129)	(171,181,162)	(5,553,055,468)
24		182,500,000	204,407,169	174,261,653	(196,168,822)	(19,616,882)	(176,551,940)	(5,729,607,408)
25		182,500,000	210,673,078	174,261,653	(202,434,731)	(20,243,473)	(182,191,258)	(5,911,798,666)

Tiket 10.000, kolom 8m x 8m

INPUT	
CAPEX	Rp 786,658,000
OPEX	Rp 1,540,026,576
Harga Tiket	Rp 10,000
Harga Pendapatan pertahun	Rp 182,500,000

Peminjaman

CAPEX	Rp 786,658,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 471,994,800
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	786,658,000							(786,658,000)
1		182,500,000	28,266,580	51,998,757	102,234,663	10,223,466	92,011,197	(694,646,803)
2		182,500,000	37,153,160	51,998,757	93,348,083	9,334,808	84,013,275	(610,633,529)
3		182,500,000	46,090,740	51,998,757	84,410,503	8,441,050	75,969,453	(534,664,076)
4		182,500,000	47,215,290	51,998,757	83,285,953	8,328,595	74,957,358	(459,706,719)
5		182,500,000	48,396,068	51,998,757	82,105,175	8,210,518	73,894,658	(385,812,061)
6		182,500,000	49,635,884	51,998,757	80,865,359	8,086,536	72,778,823	(313,033,238)
7		182,500,000	50,937,691	51,998,757	79,563,552	7,956,355	71,607,197	(241,426,042)
8		182,500,000	52,304,589	51,998,757	78,196,654	7,819,665	70,376,989	(171,049,053)
9		182,500,000	53,739,831	51,998,757	76,761,412	7,676,141	69,085,271	(101,963,782)
10		182,500,000	55,246,836	51,998,757	75,254,407	7,525,441	67,728,966	(34,234,816)
11		182,500,000	56,829,190	51,998,757	73,672,052	7,367,205	66,304,847	32,070,031
12		182,500,000	58,490,663	51,998,757	72,010,580	7,201,058	64,809,522	96,879,553
13		182,500,000	60,235,209	51,998,757	70,266,034	7,026,603	63,239,430	160,118,984
14		182,500,000	62,066,983	51,998,757	68,434,260	6,843,426	61,590,834	221,709,818
15		182,500,000	63,990,345	51,998,757	66,510,898	6,651,090	59,859,808	281,569,626
16		182,500,000	66,009,875	51,998,757	64,491,368	6,449,137	58,042,231	339,611,857
17		182,500,000	68,130,382	51,998,757	62,370,861	6,237,086	56,133,775	395,745,633
18		182,500,000	70,356,914	51,998,757	60,144,329	6,014,433	54,129,896	449,875,529
19		182,500,000	72,694,772	51,998,757	57,806,470	5,780,647	52,025,823	501,901,352
20		182,500,000	75,149,524	51,998,757	55,351,719	5,535,172	49,816,547	551,717,899
21		182,500,000	77,727,013	51,998,757	52,774,230	5,277,423	47,496,807	599,214,706
22		182,500,000	80,433,377	51,998,757	50,067,866	5,006,787	45,061,079	644,275,785
23		182,500,000	83,275,059	51,998,757	47,226,184	4,722,618	42,503,566	686,779,351
24		182,500,000	86,258,825	51,998,757	44,242,418	4,424,242	39,818,176	726,597,527
25		182,500,000	89,391,779	51,998,757	41,109,464	4,110,946	36,998,518	763,596,045

Tiket 15.000, kolom 4m x 4m

INPUT	
CAPEX	Rp 13,039,754,000
OPEX	Rp 12,309,521,328
Harga Tiket	Rp 15,000
Harga Pendapatan pertahun	Rp 273,750,000

Peminjaman	
------------	--

CAPEX	Rp 13,039,754,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 7,823,852,400
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	13,039,754,000							(13,039,754,000.00)
1		273,750,000	191,597,540	861,938,736	(779,786,276)	(77,978,628)	(701,807,648.41)	(13,741,561,648.41)
2		273,750,000	325,055,080	861,938,736	(913,243,816)	(91,324,382)	(821,919,434.41)	(14,563,481,082.81)
3		273,750,000	458,665,620	861,938,736	(1,046,854,356)	(104,685,436)	(942,168,920.41)	(15,505,650,003.22)
4		273,750,000	462,039,270	861,938,736	(1,050,228,006)	(105,022,801)	(945,205,205.41)	(16,450,855,208.63)
5		273,750,000	465,581,603	861,938,736	(1,053,770,339)	(105,377,034)	(948,393,304.66)	(17,399,248,513.28)
6		273,750,000	469,301,052	861,938,736	(1,057,489,788)	(105,748,979)	(951,740,808.87)	(18,350,989,322.15)
7		273,750,000	473,206,473	861,938,736	(1,061,395,209)	(106,139,521)	(955,255,688.29)	(19,306,245,010.44)
8		273,750,000	477,307,166	861,938,736	(1,065,495,902)	(106,549,590)	(958,946,311.69)	(20,265,191,322.13)
9		273,750,000	481,612,893	861,938,736	(1,069,801,629)	(106,980,163)	(962,821,466.25)	(21,228,012,788.38)
10		273,750,000	486,133,907	861,938,736	(1,074,322,643)	(107,432,264)	(966,890,378.54)	(22,194,903,166.92)
11		273,750,000	490,880,971	861,938,736	(1,079,069,707)	(107,906,971)	(971,162,736.45)	(23,166,065,903.37)
12		273,750,000	495,865,389	861,938,736	(1,084,054,125)	(108,405,412)	(975,648,712.25)	(24,141,714,615.62)
13		273,750,000	501,099,027	861,938,736	(1,089,287,763)	(108,928,776)	(980,358,986.84)	(25,122,073,602.47)
14		273,750,000	506,594,348	861,938,736	(1,094,783,084)	(109,478,308)	(985,304,775.17)	(26,107,378,377.63)
15		273,750,000	512,364,434	861,938,736	(1,100,553,170)	(110,055,317)	(990,497,852.90)	(27,097,876,230.54)
16		273,750,000	518,423,025	861,938,736	(1,106,611,761)	(110,661,176)	(995,950,584.53)	(28,093,826,815.07)
17		273,750,000	524,784,545	861,938,736	(1,112,973,281)	(111,297,328)	(1,001,675,952.73)	(29,095,502,767.80)
18		273,750,000	531,464,141	861,938,736	(1,119,652,877)	(111,965,288)	(1,007,687,589.35)	(30,103,190,357.15)
19		273,750,000	538,477,717	861,938,736	(1,126,666,453)	(112,666,645)	(1,013,999,807.80)	(31,117,190,164.95)
20		273,750,000	545,841,972	861,938,736	(1,134,030,708)	(113,403,071)	(1,020,627,637.17)	(32,137,817,802.12)
21		273,750,000	553,574,440	861,938,736	(1,141,763,176)	(114,176,318)	(1,027,586,858.01)	(33,165,404,660.12)
22		273,750,000	561,693,531	861,938,736	(1,149,882,267)	(114,988,227)	(1,034,894,039.89)	(34,200,298,700.01)
23		273,750,000	570,218,576	861,938,736	(1,158,407,312)	(115,840,731)	(1,042,566,580.86)	(35,242,865,280.87)
24		273,750,000	579,169,874	861,938,736	(1,167,358,610)	(116,735,861)	(1,050,622,748.88)	(36,293,488,029.75)
25		273,750,000	588,568,737	861,938,736	(1,176,757,473)	(117,675,747)	(1,059,081,725.31)	(37,352,569,755.06)

Tiket 15.000, kolom 6m x 6m

INPUT	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
OPEX	Rp 3,845,401,632
Harga Tiket	Rp 15,000
Harga Pendapatan tahunan	Rp 273,750,000
Peminjaman	
CAPEX	Rp 2,636,300,000
Prosentase Peminjaman	60
Periode Peminjaman	25
Jumlah Peminjaman	Rp 1,581,780,000
Bunga	0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	2,636,300,000							(2,636,300,000.00)
1		273,750,000	67,163,000	174,261,653	32,325,347	3,232,535	29,092,812.09	(2,607,207,187.91)
2		273,750,000	95,566,000	174,261,653	3,922,347	392,235	3,530,112.09	(2,603,677,075.81)
3		273,750,000	124,071,000	174,261,653	(24,582,653)	(2,458,265)	(22,124,387.91)	(2,625,801,463.72)
4		273,750,000	126,320,100	174,261,653	(26,831,753)	(2,683,175)	(24,148,577.91)	(2,649,950,041.62)
5		273,750,000	128,681,655	174,261,653	(29,193,308)	(2,919,331)	(26,273,977.41)	(2,676,224,019.03)
6		273,750,000	131,161,288	174,261,653	(31,672,941)	(3,167,294)	(28,505,646.88)	(2,704,729,665.91)
7		273,750,000	133,764,902	174,261,653	(34,276,555)	(3,427,656)	(30,848,899.83)	(2,735,578,565.74)
8		273,750,000	136,498,697	174,261,653	(37,010,350)	(3,701,035)	(33,309,315.43)	(2,768,887,881.17)
9		273,750,000	139,369,182	174,261,653	(39,880,835)	(3,988,084)	(35,892,751.80)	(2,804,780,632.97)
10		273,750,000	142,383,191	174,261,653	(42,894,844)	(4,289,484)	(38,605,360.00)	(2,843,385,992.96)
11		273,750,000	145,547,901	174,261,653	(46,059,554)	(4,605,955)	(41,453,598.60)	(2,884,839,591.57)
12		273,750,000	148,870,846	174,261,653	(49,382,499)	(4,938,250)	(44,444,249.14)	(2,929,283,840.70)
13		273,750,000	152,359,938	174,261,653	(52,871,591)	(5,287,159)	(47,584,432.20)	(2,976,868,272.90)
14		273,750,000	156,023,485	174,261,653	(56,535,138)	(5,653,514)	(50,881,624.41)	(3,027,749,897.31)
15		273,750,000	159,870,209	174,261,653	(60,381,862)	(6,038,186)	(54,343,676.24)	(3,082,093,573.55)
16		273,750,000	163,909,270	174,261,653	(64,420,923)	(6,442,092)	(57,978,830.65)	(3,140,072,404.20)
17		273,750,000	168,150,283	174,261,653	(68,661,936)	(6,866,194)	(61,795,742.79)	(3,201,868,146.99)
18		273,750,000	172,603,347	174,261,653	(73,115,001)	(7,311,500)	(65,803,500.54)	(3,267,671,647.53)
19		273,750,000	177,279,065	174,261,653	(77,790,718)	(7,779,072)	(70,011,646.17)	(3,337,683,293.70)
20		273,750,000	182,188,568	174,261,653	(82,700,221)	(8,270,022)	(74,430,199.08)	(3,412,113,492.78)
21		273,750,000	187,343,546	174,261,653	(87,855,200)	(8,785,520)	(79,069,679.64)	(3,491,183,172.41)
22		273,750,000	192,756,274	174,261,653	(93,267,927)	(9,326,793)	(83,941,134.23)	(3,575,124,306.64)
23		273,750,000	198,439,637	174,261,653	(98,951,291)	(9,895,129)	(89,056,161.54)	(3,664,180,468.18)
24		273,750,000	204,407,169	174,261,653	(104,918,822)	(10,491,882)	(94,426,940.22)	(3,758,607,408.40)
25		273,750,000	210,673,078	174,261,653	(111,184,731)	(11,118,473)	(100,066,257.84)	(3,858,673,666.24)

Tiket 15.000, kolom 8m x 8m

INPUT		
CAPEX	Rp	786,658,000
OPEX	Rp	1,540,026,576
Harga Tiket	Rp	15,000
Harga Pendapatan tahunan	Rp	273,750,000
Peminjaman		
CAPEX	Rp	786,658,000
Prosentase Peminjaman		60
Periode Peminjaman		25
Jumlah Peminjaman	Rp	471,994,800
Bunga		0.1

Year	Capex	Pendapat	Opex	Pembayaran Bank	Pendapatan sebelum pajak/cash flow	Pajak	pendapatn setelah pajak / cash flow	cumulatif Cash Flow
0	786,658,000							(786,658,000.00)
1		273,750,000	28,266,580	51,998,757	193,484,663	19,348,466	174,136,196.52	(612,521,803.48)
2		273,750,000	37,153,160	51,998,757	184,598,083	18,459,808	166,138,274.52	(446,383,528.96)
3		273,750,000	46,090,740	51,998,757	175,660,503	17,566,050	158,094,452.52	(288,289,076.44)
4		273,750,000	47,215,290	51,998,757	174,535,953	17,453,595	157,082,357.52	(131,206,718.92)
5		273,750,000	48,396,068	51,998,757	173,355,175	17,335,518	156,019,657.77	24,812,938.85
6		273,750,000	49,635,884	51,998,757	172,115,359	17,211,536	154,903,823.03	179,716,761.88
7		273,750,000	50,937,691	51,998,757	170,813,552	17,081,355	153,732,196.56	333,448,958.44
8		273,750,000	52,304,589	51,998,757	169,446,654	16,944,665	152,501,988.76	485,950,947.20
9		273,750,000	53,739,831	51,998,757	168,011,412	16,801,141	151,210,270.57	637,161,217.78
10		273,750,000	55,246,836	51,998,757	166,504,407	16,650,441	149,853,966.47	787,015,184.25
11		273,750,000	56,829,190	51,998,757	164,922,052	16,492,205	148,429,847.17	935,445,031.42
12		273,750,000	58,490,663	51,998,757	163,260,580	16,326,058	146,934,521.91	1,082,379,553.33
13		273,750,000	60,235,209	51,998,757	161,516,034	16,151,603	145,364,430.37	1,227,743,983.70
14		273,750,000	62,066,983	51,998,757	159,684,260	15,968,426	143,715,834.27	1,371,459,817.97
15		273,750,000	63,990,345	51,998,757	157,760,898	15,776,090	141,984,808.35	1,513,444,626.32
16		273,750,000	66,009,875	51,998,757	155,741,368	15,574,137	140,167,231.15	1,653,611,857.47
17		273,750,000	68,130,382	51,998,757	153,620,861	15,362,086	138,258,775.08	1,791,870,632.55
18		273,750,000	70,356,914	51,998,757	151,394,329	15,139,433	136,254,896.21	1,928,125,528.75
19		273,750,000	72,694,772	51,998,757	149,056,470	14,905,647	134,150,823.39	2,062,276,352.14
20		273,750,000	75,149,524	51,998,757	146,601,719	14,660,172	131,941,546.93	2,194,217,899.08
21		273,750,000	77,727,013	51,998,757	144,024,230	14,402,423	129,621,806.65	2,323,839,705.73
22		273,750,000	80,433,377	51,998,757	141,317,866	14,131,787	127,186,079.36	2,451,025,785.09
23		273,750,000	83,275,059	51,998,757	138,476,184	13,847,618	124,628,565.70	2,575,654,350.79
24		273,750,000	86,258,825	51,998,757	135,492,418	13,549,242	121,943,176.36	2,697,597,527.15
25		273,750,000	89,391,779	51,998,757	132,359,464	13,235,946	119,123,517.55	2,816,721,044.71

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Dari hasil perhitungan matematis dengan variasi dimensi 4m x 4m, 6m x 6m, dan 8m x 8m bahwa semakin besar dimensi kolom maka semakin besar pula daya listrik yang dihasilkan
2. Potensi daya listrik rata- rata yang dibangkitkan untuk kolom 4m x 4m adalah 52.7 watt, kolom 6m x 6m adalah 424.5 watt, dan kolom 8m x 8m adalah 2144.2 watt.
3. Untuk memperoleh daya 2000 watt bisa menggunakan dimensi kolom 4m x 4m, 6m x 6m, dan 8m x 8m. jika menggunakan kolom 4m x 4m maka membutuhkan 38 buah kolom dengan ukuran 4m x 4m, jika menggunakan kolom 6m x 6m maka membutuhkan 5 buah kolom dengan ukuran 6m x 6m, dan jika menggunakan ukuran 8m x 8m maka membutuhkan 1 buah kolom dengan ukuran 8m x 8m.
4. Dalam kajian keekonomian bahwa biaya pembangunan sistem PLTGL tipe OWC di Pulau Tabuhan ini tidak ekonomis dan tidak sepadan dengan biaya untuk suplai listrik dengan genset. Untuk biaya OWC yaitu Rp. 2.326.684.576,00 sedangkan biaya genset Rp. 819.651.250,00.
5. Dengan biaya masuk Rp. 10.000,00 pada dimensi kolom 8m x 8m maka didapat payback period sebesar 10.94 tahun
6. PLTGL tipe OWC akan unggul dibanding dengan genset dan bisa diaplikasikan, apabila di Pulau Tabuhan harus terbebas dari polusi udara dikarenakan PLTGL OWC lebih ramah lingkungan.

5.2. Saran

1. Model PLTGL lebih baik diuji pada towing tank dengan ukuran model diskala dari model asli dan menggunakan sensor pengukuran yang ditempatkan pada model untuk mendapat data yang lebih valid.
2. Perlunya penelitian lebih lanjut tentang dimensi OWC yang paling efisien dalam menghasilkan daya listrik

DAFTAR PUSTAKA

1. McCromick, M. E. 2007. Ocean Wave Energy Conversion. New York: Dover Publication, INC.
2. Holthuijsen, Leo H. 2010. Waves In Oceanic And Costal Waters. Cambridge University Press
3. Haris, A. 2013. Studi Pemanfaatan Oscillating Water Column Untuk Pembangkit Listrik di Perairan Kepulauan Seribu. Depok: tidak diterbitkan
4. Utami, S. R. 2010. Studi Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut dengan Menggunakan Sistem Oscillating Water Column (WOC) di Tiga Puluh Wilayah Kelautan Indonesia. Depok: Tidak diterbitkan.
5. Hasnan, A. 2010. Pengenalan Potensi Pemanfaatan Arus Laut Sebagai Energi Terbarukan dan Berkelanjutan di Indonesia. Developer Team Open Knowledge and Education
6. Whittaker, T.J.T., et al. 2002. Publishable report Islay Limpet Wave Power Plant. Belfast: The Quenn's University of Belfast
7. Elektropedia. Hydroelectric Power
<http://www.mpoweruk.com/hydro_power.htm>, april,2016
8. Afnan, N. "Tabuhan, Pulau Baru di Banyuwangi yang Bertaraf Internasional", Detiktravel, Banyuwangi, 11 November 2015.
9. Rahmatulloh, A.2013. Studi Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut Tipe Oscilating Water Column (OWC) di Pantai Badealit Jember . Surabaya: Tidak diterbitkan
10. Rahadywan, A. 2009. Studi Pembangkit Listrik Energi Ombak Tipe Oscillating Water Column. Surabaya: Tidak diterbitkan
11. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, "Tinggi gelombang dan periode gelombang di pulau tabuhan tahun 2015."

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Pasuruan pada tanggal 11 Februari 1994, yang merupakan anak keempat dari empat bersaudara dari pasangan Munip dan Asmaul Chusnah. Jenjang Pendidikan yang diempuh antara lain : SDN 1 Kalirejo (lulus tahun 2006), SMPN 1 Bangil (lulus tahun 2009), SMAN 1 Bangil (lulus tahun 2012) dan melanjutkan kuliah di jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS pada tahun 2012.

Disamping hal akademis, penulis juga aktif mengikuti organisasi mahasiswa seperti BEM FTK 2013-2014 dan beberapa kepanitian seperti ketua sub lomba PPBR di Marine Icon 2015. Dengan adanya tempaan dari para dosen, senior dan sahabat selama menempuh pendidikan, penulis berharap menjadi pribadi yang tangguh, cerdas, beriman sehingga dapat berguna bagi keluarga, agama, dan negara

E-Mail : m.khusnul.yf@gmail.com